

DIE KNOCHENHEILUNG BEI DER BEIN- VERLÄNGERUNG IM RÖNTGENBILD

von
Gerd Baumgartner
— aus
Konstanz



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Orthopädischen Klinik
des Wichernhauses Altdorf bei Nürnberg
Chefarzt: Prof. Dr. med. H. Wagner

DIE KNOCHENHEILUNG BEI DER BEIN- VERLÄNGERUNG IM RÖNTGENBILD

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
dem Fachbereich Medizin
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt
von
Gerd Baumgartner
aus
Konstanz

Gedruckt mit Erlaubnis des Fachbereichs Medizin
Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. med. E. Rügheimer

Referent: Prof. Dr. med. H. Wagner

Korreferent: Prof. Dr. med. D. Hohmann

Tag der mündlichen Prüfung: 7.7.1977

Inhalt

1. Einleitung und Fragestellung
2. Methodik
 - 2.1. Operationstechnik
 - 2.1.1. Die Verlängerungsosteotomie am Oberschenkel
 - 2.1.2. Die Verlängerungsosteotomie am Unterschenkel
 - 2.2. Eigene Untersuchungen und Dokumentation
 - 2.3. Statistische Auswertung
3. Ergebnisse
 - 3.1. Behandelte und untersuchte Fälle
 - 3.2. Ergebnisse der statistischen Auswertung
 - 3.2.1. Ausgangssituation vor der Beinverlängerung
 - 3.2.2. Veränderungen während der Distraction
 - 3.2.3. Konsolidierung der Verlängerungsstrecke
4. Diskussion der Ergebnisse
5. Zusammenfassung
6. Literaturverzeichnis

1. Einleitung und Fragestellung

Beinverkürzungen können verschiedene Ursachen haben.

Am bekanntesten sind die Beinverkürzung nach Poliomyelitis und die angeborene Beinverkürzung. In die Gruppe der traumatischen Beinverkürzungen sind diejenigen Erkrankungen einzugliedern, bei denen zum Beispiel nach einer in Fehlstellung verheilten Fraktur eine Beinlängendifferenz aufgetreten ist oder aber der Folgezustand einer im Wachstumsalter erlittenen Fraktur mit Epiphysenfugenbeteiligung, sodaß im Bereich der betroffenen Epiphysenfuge ein vermindertes Längenwachstum, häufig mit Fehlwachstum verbunden, resultiert. Auch im Gefolge anderer zum Teil systemhafter Erkrankungen kann es zu einer Beinverkürzung kommen, wie dies zum Beispiel beim Morbus Ollier möglich ist. Ebenso können durch Infektionskrankheiten wie die tuberkulöse Coxitis sowie durch eine jugendliche Osteomyelitis so starke Veränderungen des betroffenen Knochens auftreten, daß es zum Teil zu erheblichen Beinlängendifferenzen kommt.

Beinlängenunterschiede können zwar bei entsprechendem Geschick des Patienten sogar bei mehr als drei bis vier cm auch ohne Längenausgleich gut kaschiert werden. Jedoch müssen aufgrund der veränderten Statik und der Funktionsstörung mit zunehmendem Alter durch die dauernde Fehlbelastung erhebliche Verschleißerscheinungen an den großen Gelenken der Beine sowie an der Wirbelsäule erwartet werden (WAGNER, 1971) (11). Somit stellt eine stärkere Beinver-

verkürzung eine wesentliche Körperbehinderung dar, die noch abgesehen von der pathologischen Statik zum Teil erhebliche ästhetische und psychische Probleme mit sich bringt (WAGNER 1972) (12). Der Ausgleich einer Beinlängendifferenz mit orthopädischen Hilfsmitteln kann insbesondere in ästhetischer Hinsicht nur wenig befriedigen. Außerdem muß berücksichtigt werden, daß bei einer Oberschenkelverkürzung die Beinlänge nur auf Kosten einer unterschiedlichen Kniegelenkshöhe ausgeglichen werden kann.

Aus diesem Grunde wird seit vielen Jahren eine operative Korrektur der Beinlängendifferenz angestrebt. Als bessere Alternative einer Verkürzung des gesunden Beines (MERLE D'AUBIGNÉ und DUBOUSSET, 1971) (6) hat sich in der Mehrzahl der Fälle die operative Verlängerung der verkürzten Extremität erwiesen. Der Eingriff ist zwar langwierig, mit mehr Komplikationsmöglichkeiten behaftet und erfordert daher eine strenge Indikationsstellung. Andererseits ist jedoch die Befreiung des Patienten von einem orthopädischen Hilfsmittel unter Wiederherstellung einer gleichen Beinlänge mit symmetrischer Körperproportion von hohem psychischem und physiologischem Wert. Im Gegensatz dazu entsteht durch die Verkürzung der gesunden Seite eine ästhetisch auffallende Störung der Körperproportionen. Auch läßt sich eine Verkürzung befriedigend nur am Oberschenkel und hier wiederum nur bis maximal fünf cm durchführen.

Auf der Methodik von ANDERSON (2) basierend wurde von WAGNER (11) ein Distractionssystem entwickelt, das dem Patienten eine völlige Bewegungsfreiheit unter Erhalt der Beweglichkeit der großen Gelenke während der Beinverlängerung ermöglicht. Bei diesem Verfahren wird der verkürzte Röhrenknochen quer durchtrennt, und die Fragmentenden werden unter regelmäßiger Spannung kontinuierlich distrahirt. Nach Erreichen des gewünschten Verlängerungsbeitrages wird das Distractionssystem entfernt und die Verlängerungsstrecke durch eine Metallplatte, die am distalen und proximalen Fragment mit Schrauben fixiert ist, beibehalten. Bei dieser Adaptationsosteosynthese wird in der Regel in die durch Distraction entstandene Defektstrecke Spongiosa eingelagert, die bei entsprechendem Callusmangel zu einer schnelleren knöchernen Überbrückung der Verlängerungsstrecke beitragen soll.

Die Erfahrung anhand von zahlreichen nach dieser Methode durchgeführten Beinverlängerungen zeigt, daß sich bis zum Erreichen eines weitgehend normalen Röhrenknochens erhebliche zeitliche Unterschiede bei den einzelnen Patienten feststellen lassen. So ist bezüglich der Indikationsstellung eines der wichtigsten Probleme bei der operativen Beinverlängerung mit welcher Art der knöchernen Heilung des Verlängerungsbereiches zu rechnen ist. Aufgrund der klinischen Erfahrung besteht die Vermutung, daß die knöcherne Überbrückung der Distraktionsstrecke im Zusammenhang mit

dem Lebensalter und der Grundkrankheit gesehen werden muß.

Die operative Beinverlängerung ist eine relativ aufwendige Wiederherstellungsmaßnahme bei der der Patient über lange Zeit auf den Gebrauch von zwei Unterarmstützstöcken angewiesen und damit in seiner körperlichen Leistungsfähigkeit beeinträchtigt ist. In dieser Zeit ist der erwachsene Patient in der Regel auch arbeitsunfähig. Bei dieser Wiederherstellungsmaßnahme handelt es sich meistens um eine relative Indikation, oft sogar um eine Grenzindikation, weil die Funktionsstörung, die durch die Beinlängendifferenz entsteht auch mit geringerem Aufwand durch orthopädische Hilfsmittel wenigstens teilweise behoben werden kann.

Vor einer operativen Beinverlängerung muß daher eine sorgfältig abwägende Indikationsstellung erfolgen, bei der der gesamte therapeutische Aufwand einschließlich der langen. Periode der Teilbelastung mit Unterarmstützstöcken gegen den funktionellen und ästhetischen Gewinn, den der Patient von der operativen Behandlung zu erwarten hat, abgewogen werden muß. Der Aufwand der einzelnen operativen Etappen im Rahmen der Beinverlängerung ist heute relativ gut überschaubar. Ein Problem bei der Indikationsstellung ist die zu erwartende Zeitdauer der knöchernen Konsolidierung, das heißt, die Zeitspanne, die bis zur Wiedererlangung der Belastungsfähigkeit der operierten Gliedmaße benötigt wird. Wenn diese Fragestellung ist aber von ausschlaggebender Be-

deutung einerseits um den Patienten bereits vor Behandlungsbeginn darüber informieren zu können, wie lange seine körperliche Aktivität - beim Erwachsenen auch die berufliche Einsatzfähigkeit - durch die operative Korrektur eingeschränkt sein wird. Andererseits hat der Operateur einen Anhaltspunkt, wenn er weiß, wie lange die knöcherne Konsolidierung in einem bestimmten Fall voraussichtlich dauern wird, und er kann gegebenenfalls über eventuell zu erwartende Komplikationen oder eine verzögerte Knochenheilung mit den sich daraus ergebenden Konsequenzen eine Aussage machen.

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit besteht vor allem darin, die röntgenologischen Kriterien der knöchernen Konsolidierung nach der operativen Beinverlängerung zu beobachten, zu beschreiben sowie nach Möglichkeiten zu suchen, den Fortgang der Konsolidierung so gut wie möglich quantitativ zu erfassen. Mit den dabei gewonnenen Erkenntnissen sollte geklärt werden, welche zeitliche Dauer für die knöcherne Heilung nach einer operativen Beinverlängerung zu erwarten ist, um damit schon vor der Operation konkrete Anhaltspunkte für die Indikationsstellung zu besitzen. Dabei waren folgende Zusammenhänge von besonderem Interesse:

Welchen röntgenologischen Veränderungen unterliegt der Röhrenknochen während der Beinverlängerung bezogen auf Grundkrankheit, Lebensalter, Verlängerungsbetrag und rönt-

genologischen Ausgangsbefund ?

Welche Bedeutung haben Grundkrankheit, Lebensalter und Verlängerungsbetrag sowie die bis zum Ende der Verlängerung aufgetretene Veränderung des Knochens bei der Konsolidierung, die sich zunächst in einer durchgehenden Callusbrücke am Ende der Distraction ausdrückt ?

Sind die ferner für die Konsolidierung der Verlängerungsstrecke geforderten Kriterien wie vollständige knöcherne Auffüllung der Distraktionsfläche nach der Adaptationsosteosynthese, volle Belastbarkeit des verlängerten Beines nach der Metallentfernung, Rekanalisation der Markhöhle und schließlich Normalisierung der Diaphyse von Grundkrankheit, Lebensalter und Verlängerungsbetrag sowie vom Zustand des betreffenden Knochens am Ende der Distraction und von der bei der Adaptationsosteosynthese durchgeführten Spananlage abhängig ?

2. Methodik

2.1. Operationstechnik

Die Mehrzahl der untersuchten Fälle wurde nach der von WAGNER 1971 (11) angegebenen Methode der kontinuierlichen Distraction operiert und verlängert.

2.1.1. Verlängerungsosteotomie am Oberschenkel

Die Operation erfolgt in Rückenlage, bei versteiften Hüftgelenken in Bauchlage. Von lateral her werden durch Stichinzisionen in die distale und proximale Femurmetaphyse, parallel zur Kniegelenksachse, je zwei Schanz'sche Schrauben eingebohrt. Der Röntgenbildverstärker kann dabei gegebenenfalls die Orientierung erleichtern. Sodann wird das sterile Distractionsgesetz an der Außenseite des Oberschenkels mit den Schanz'schen Schrauben verbunden und eine leichte Vorspannung gegeben. In Beugung, Innenrotation und Adduktion des Hüftgelenkes wird von einem posterolateralen Zugang der Oberschenkelschaft dargestellt. Von einem längsverlaufenden Hautschnitt wird an der Hinterfläche des Septum intermusculare zwischen Musculus vastus lateralis und Musculus biceps femoris stumpf in die Tiefe eingegangen. Auf der Mitte zwischen den beiden Schanz'schen Schraubenpaaren wird der Femurschaft freigelegt und mit-samt dem Periost quer durchtrennt. An die Osteotomiestelle wird eine Redondrainage gelegt und die Wunde verschlossen. Eine Distraction von fünf bis sechs Millimetern verhindert eine schmerzhafte Berührung der Fragmentenden und stabilisiert durch die dabei aufgetretene Weichteilspannung das Distractionssystem. Im postoperativen Verlauf wird die weitere Verlängerung

vom Patienten selbst herbeigeführt, indem er über eine Rändelschraube eine Gewindestange betätigt, die die Vierkantführung des Distraktionsgerätes auseinanderzieht und damit die beiden Fragmentenden kontinuierlich von einander entfernt. Die im allgemeinen erzielte Verlängerungsstrecke beträgt pro Tag 1,5 mm. Die Weichteilkanäle der Schanz'schen Schrauben werden sorgfältig überwacht und gepflegt. Die Übungsbehandlung ist vor allem auf die Erhaltung der Knie- und Hüftgelenksbeweglichkeit sowie auf das sichere Gehen mit Unterarmstützen gerichtet.

Röntgenaufnahmen in größeren Abständen während der Distraction bzw. nach Erreichen des gewünschten Verlängerungsbetrages geben darüber Auskunft, ob in der Verlängerungsstrecke eine ausreichende Callusbildung vorliegt. Ist dies nicht der Fall, so muß bei der nachfolgenden Osteosynthese die Distraktionsstrecke auch gleichzeitig mit autologer Spongiosa aufgefüllt werden. Bei größeren Verlängerungsbeträgen sowie unter vermehrter Weichteilspannung kann eine federnde Verbiegung der Schanz'schen Schrauben mit einer Varusfehlstellung auftreten. Unter Röntgenkontrolle können durch Schwenkung der Schanz'schen Schrauben in der Haltung des Distraktionsgerätes die Fragmentenden wieder in achsengerechte Stellung gebracht werden.

Die Adaptationsosteosynthese nach Beendigung der Verlängerung erfolgt in Bauchlage bei liegendem Distraktionsgerät. Die alte Narbe nach posterolateralem Zugang wird wieder

eröffnet und erweitert, die Fragmentenden werden so freigelegt. Die Verlängerungsstrecke wird mit einer Osteosyntheseplatte überbrückt, die an den Fragmentenden fest verschraubt wird. Bei unzureichender Callusbildung wird die Distraktionsstrecke mit autologen Spongiosaspänen aufgefüllt, die im allgemeinen vom hinteren Darmbeinkamm entnommen werden. Nach Einlegen von Redondrainagen wird die Wunde verschlossen und das Distraktionsgerät mit den Schanz'schen Schrauben entfernt.

Die postoperativ angefertigte Röntgenkontrolle zeigt den Zustand nach erfolgter Osteosynthese ggf. mit Anlagerung von Spongiosaspänen und stellt die Ausgangssituation der in der folgenden Zeit zu beobachtenden knöchernen Heilung der Verlängerungsstrecke dar.

Vom zweiten postoperativen Tag an darf der Patient aufstehen und unter Imitation eines normalen Ganges das verlängerte Bein teilweise belasten. Im allgemeinen ist zunächst nur eine geringe Teilbelastung unter Zuhilfenahme von 2 Unterarmstützstöcken angezeigt. Nach erfolgter Wundheilung wird der Patient in ambulante Behandlung entlassen. Es werden regelmäßige Kontrolluntersuchungen mit Röntgenkontrollen des Oberschenkels vereinbart.

Mit zunehmender Konsolidierung der Distraktionsstrecke kann eine immer mehr zur vollen Beanspruchung übergehende Belastung des operierten Beines gestattet werden. Die Entscheidung über das Maß der Belastung und den Zeitpunkt der vollen Beanspruchung ist im wesentlichen vom Ausmaß der

durch das Röntgenbild zu beurteilenden knöchernen Durchbauung der Verlängerungsstrecke abhängig. Unter zunehmender Belastung ist auch eine weitere Kräftigung der Muskulatur bis zur völligen Normalisierung zu beobachten, was eine weitere Stabilisation der Osteosynthese bzw. des neugebildeten Knochens mit sich bringt.

Bisweilen tritt eine verzögerte Knochenheilung auf, die eine vermehrte Belastung des Osteosynthesematerials und damit eine erhöhte Gefahr der Plattenfraktur, insbesondere bei unvorsichtigen Patienten beinhaltet. Ein derartiges Ereignis muß dem Patienten bereits vor Beginn der Behandlung als Möglichkeit in Aussicht gestellt werden, wodurch ein dadurch erneut erforderlicher operativer Eingriff an Gewicht verliert.

Die Reosteosynthese wird wiederum in Bauchlage über den dorsolateralen Zugang zum Femurschaft durchgeführt. Die alte Osteosyntheseplatte wird durch eine neue ggf. schwächere Platte ersetzt. Anlässlich dieses Eingriffes kann auch die Qualität und Quantität des neugebildeten Knochens in der Verlängerungsstrecke klinisch beurteilt und evtl. eine erneute Anlagerung von autologer Spongiosa vorgenommen werden. Dadurch wird die Operation nur unwesentlich vergrößert, aber ein wesentlicher Beitrag zu einer besseren Knochenheilung geleistet.

Unter Umständen macht auch eine verzögerte Knochenheilung ohne Plattenfraktur ein operatives Vorgehen erforderlich. Dabei wird im allgemeinen die starre Osteosyntheseplatte aus biomechanischen Gründen gegen eine elastischere,

meist schmale Platte ausgewechselt.

Eine gleichzeitig anlässlich dieser Operation durchgeführte Korrektur, der meist kosmetisch nicht befriedigenden Narben am Ort der Schanz'schen Schraubenkanäle, macht diesen Eingriff für den Patienten attraktiver.

Die Metallentfernung wird nach weitgehender oder völliger Auffüllung und Festigkeit der Distraktionsstrecke durchgeführt. Häufig beobachtete plattennahe Ossifikationsdefekte bei sonstiger Festigkeit des Knochens machen den Gebrauch eines Unterarmstützstockes für einige Wochen nach der Metallentfernung erforderlich.

Trotzdem kann anlässlich eines Traumas eine Fraktur im Verlängerungsbereich nach der Metallentfernung auftreten. Die Therapie ist in der Mehrzahl der Fälle die Reosteosynthese, die jetzt so gut wie immer unter Kompression erfolgen kann und damit gute Aussichten auf schnelle Heilung bietet. Selten wird jedoch auch eine kurzfristige Ruhigstellung der Fraktur im Gipsverband durchgeführt.

2.1.2. Die Verlängerungsosteotomie am Unterschenkel

Die Verlängerungsosteotomie am Unterschenkel erfolgt ebenfalls in Rückenlage des Patienten. Zur Erhaltung der anatomischen Situation des oberen Sprunggelenkes wird zunächst das distale Fibulaende mit der Tibia verbunden. So wird ein Hochtreten des Außenknöchels während der Distraction verhindert. Die Fixation des distalen Fibulaendes gegen die Tibia erfolgt durch eine oder zwei Corticalisschrauben. Hierfür wird das Wadenbein vom lateralen Zugang her am Übergang vom mittleren zum distalen Drittel freigelegt und entlang der Membrana interossea die laterale Schienbeinfläche dargestellt. Das Gewinde der eingesetzten Corticalisschrauben muß sowohl in der Tibia wie auch in der Fibula festen Halt finden. Oberhalb der Stellschraube wird die Fibula osteotomiert. Bei lockeren Weichteilen erfolgt die Osteotomie der Tibia ebenfalls vom seitlichen Zugang in Höhe der Fibulaosteotomie.

Vor der Tibiaosteotomie werden jedoch die Schanz'schen Schraubenpaare wiederum parallel zur Kniegelenksachse auf der Innenseite des Unterschenkels in die distale und proximale Tibiametaphyse durch Stichinzision eingeschraubt und das sterile Distractionsgerät angebracht. Bei regiden Weichteilen wird die Tibiaosteotomie von einem ventralen Hautschnitt her durchgeführt. Eine leichte Distraction von einigen Millimetern verhindert ein schmerzhaftes Reiben der Osteotomieflächen aneinander und stabilisiert durch die hierdurch bedingte Weichteilspannung das Distractionssystem. Nach Einlegen von Redondrainagen werden die Wunden verschlossen.

Sofort nach der Operation wird mit der krankengymnastischen Übungsbehandlung begonnen, die insbesondere auf die Beibehaltung der Sprunggelenksbeweglichkeit und Verhinderung

einer Spitzfußstellung gerichtet ist. Dennoch läßt sich bisweilen eine Spitzfußkontraktur durch das Überwiegen der Weichteilspannung der Wadenmuskulatur nicht verhindern. Dadurch wird man gezwungen, die kontinuierliche Distraction zu verlangsamen oder auch eine Achillessehnenverlängerung während oder am Ende der Distraction- zusammen mit der Adaptationsosteosynthese- durchzuführen. Eine ebenfalls durch Überwiegen der Wadenweichteilspannung auftretende Verbiegung der Schanz'schen Schrauben mit Varusfehlstellung kann durch Schwenken der Halterung des Distaktionsgerätes unter Röntgenbildumwandlerkontrolle beseitigt werden. Die kontinuierliche Distraction wird wiederum vom Patienten selbst durchgeführt.

Die Adaptationsosteosynthese nach erreichter Verlängerung erfolgt in Rückenlage. Von einem wenige Millimeter lateral der vorderen Schienbeinkante verlaufenden Hautschnitt wird die Tibia freigelegt und die Distaktionsstrecke in der Regel mit einer schmalen Osteosyntheseplatte überbrückt. Falls erforderlich, wird der Distaktionsbereich mit autologem Spongiosamaterial aufgefüllt, das von der Innenseite des vorderen Beckenkammes entnommen wird. Bei einigen Patienten kann aufgrund einer sehr guten Callusbildung im Distaktionsbereich auf eine derartige Spongiosaanlagerung verzichtet werden. Nach Verschluß der Wunden werden das Distaktionsgerät und die Schanz'schen Schrauben unsteril entfernt. Der Patient wird nach Wundheilung unter Teilbelastung des betroffenen Beines mit 2 Unterarmstützstöcken in ambulante Weiterbehandlung nach Hause entlassen.

Die in der Folgezeit durchgeführten Kontrolluntersuchungen geben Aufschluß über den Zustand des Knochens', das Ausmaß der Konsolidierung und damit über das Maß der Belastungs-

fähigkeit.

Ebenso wie bei den Patienten mit Oberschenkelverlängerung erfolgt die Metallentfernung nach weitgehendem oder völligem Durchbau der Distraktionsstrecke. Die im Rahmen der Oberschenkelverlängerung beschriebenen Komplikationsmöglichkeiten sind natürlich auch bei der Unterschenkelverlängerung gegeben und erfordern eine entsprechende Behandlung.

Bei einigen Patienten wurde eine gleichzeitige Ober- und Unterschenkelverlängerung durchgeführt. Es erfolgte also in einer Sitzung die Verlängerungsosteotomie am Ober- und Unterschenkel und nach erreichtem Verlängerungsbetrag die gleichzeitige Adaptationsosteosynthese. Dies setzt eine gute Elastizität der Weichteile, eine gute Beweglichkeit der angrenzenden Gelenke, vor allem aber eine uneingeschränkte Cooperation des Patienten voraus.

In einem der hier beurteilten Fälle konnte aufgrund einer sehr guten Knochenheilung bereits während der Distraction auf eine Adaptationsosteosynthese verzichtet werden. Die völlige Konsolidierung wurde nach Erreichen des gewünschten Verlängerungsbetrages unter leichter Kompression durch entgegengesetztes Drehen am Distraktionsgerät abgewartet (siehe Abb.5, S.70).

An dieser Stelle soll nochmals auf die Notwendigkeit peinlichster Sterilität und Asepsis sowie auf ein größt-

mögliches Maß an Weichteilschonung bei den operativen Eingriffen hingewiesen werden. Ebenso ist in der Zeit von der Verlängerungsosteotomie bis zur Adaptationsosteosynthese eine sorgfältige Pflege und Reinigung der Weichteilkanäle der Schanz'schen Schrauben für einen komplikationslosen Verlauf unerlässlich.

2.2. Eigene Untersuchungen und Dokumentation

2.2.1. Patientengut

Anhand von Röntgenbildverlaufsserien wurden 100 operative Beinverlängerungen auf ihre knöcherne Heilung untersucht. Bei diesem Kollektiv handelt es sich um eine geschlossene Serie, die sämtliche in den Jahren 1966 bis 1971 an der Orthopädischen Klinik des Wichernhauses Altdorf durchgeführten operativen Beinverlängerungen umfaßt. Bei allen Fällen war zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung die Metallentfernung bereits erfolgt.

Zur Beurteilung der Röntgenverlaufsserien wurden die röntgenologischen Kriterien der Konsolidierung, wie Abnahme der Atrophie, Zunahme der Mineralisation des Knochens und Normalisierung der Knochenfeinstruktur herangezogen. Sämtliche Röntgenbilder, die der Beurteilung unterzogen wurden, sind Aufnahmen, die in unserer Klinik angefertigt wurden. Hier haben wiederum immer dieselben Assistentinnen die Aufnahmen durchgeführt, dadurch konnte ein Optimum an Homogenität der Bildqualität erreicht werden, wodurch eine vergleichende Beurteilung der verschiedenen Kriterien möglich ist.

Ausgewertet wurden der röntgenologische Ausgangsbefund, der Röntgenbefund am Ende der Distraction bzw. zum Zeitpunkt der Adaptationsosteosynthese sowie die in regel-

mäßigen Zeitabständen durchgeführten Röntgenkontrollaufnahmen in Intervallen von zunächst 6 später 12 Monaten.

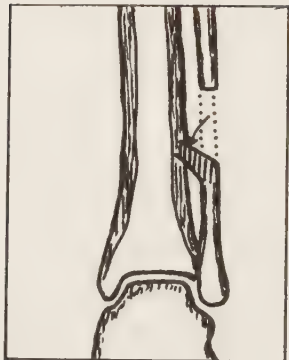
2.2.2. Dokumentation

Die für die Beantwortung der Fragestellung nötigen Daten wurden auf Erhebungsbögen erfaßt. Für die Ausgangssituation wurden Alter, Geschlecht und Grunderkrankung berücksichtigt. Ferner wurden der untersuchte bzw. betroffene Teil des Beines, die Körperseite und der Verkürzungsbetrag notiert. Der Zustand des Knochens vor der operativen Beinverlängerung bezüglich Atrophie, Knochennarben und anderen Veränderungen wurde ebenso beurteilt wie das Verhältnis von Diaphysenaußendurchmesser zu Markhöhlendurchmesser in Schaftmitte des zu operierenden Knochens.

Bei der Verlängerungsosteotomie wurden die Art der Osteotomie ebenso dokumentiert wie evtl. eingebrachte tibiofibuläre Stellschrauben oder eine früher angelegte tibiofibuläre Knochenbrücke. (siehe Abb. 1, S. 18)

Die Beurteilung des Röntgenbefundes am Ende der Distraction also nach Erreichen des gewünschten Verlängerungsbetrages stützt sich vor allem auf die Kriterien der Atrophie des Knochens, der Osteolyse im Bereich der Schanz'schen Schrau-

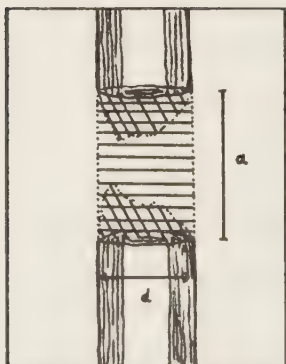
Abbildung 1



Tibiofibuläre Knochen-
brücke:

Diese in einer Voroperation
vor der Beinverlängerung durch-
geführte Stabilisation des obe-
ren Sprunggelenkes wurde mit Ein-
führung der verbesserten Opera-
tions- und Verlängerungstechnik
ab 1968/69 nicht mehr angewandt.

Abbildung 2



Planimetrische Ausmes-
sung der Callusmenge:

Die während der Distraktion im
Verlängerungsbereich gebildete
projizierte Callusmenge (schräg
schraffiert) wurde im Verhältnis
zur Gesamtdistraktionsfläche
(waagrecht schraffiert) gemessen,
die sich aus dem Verlängerungs-
betrag (a) und dem Diaphysendurch-
messer (d) ergibt.

ben und dem Ausmaß der Callusbildung in der Distraktionsstrecke. Hierbei wurde der gebildete Callus planimetrisch ausgemessen und als projezierter Flächenanteil an der Distraktionsfläche notiert (siehe Abb.2, S. 18).

Ebenfalls am Ende der Distraction wurde eine eventuelle Dislokation des Fibulaköpfchens und des Außenknöchels sowie deren Ausmaß als Differenz des erreichten Verlängerungsbetrages zwischen Tibia und Fibula in Millimetern ausgemessen.

Im Rahmen der Adaptationsosteosynthese wurde die Plattenart sowie ggf. die Osteosynthese mittels Schrauben festgehalten. Auch die Osteosynthese der Fibula, falls durchgeführt, wurde notiert. Ferner wurde die Spongiosaanlagerung mit in die statistische Erhebung aufgenommen, falls sie durchgeführt wurde.

Im Rahmen der Konsolidierung schien den Kriterien Atrophie, durchgehende Knochenbrücke in der Distraktionsstrecke sowie Verhältnis der projezierten Flächenanteile des strukturierten Knochenregenerates an der Distraktionsfläche besondere Bedeutung zuzukommen. Als Vorstufen der Normalisierung der Diaphyse wurden die Rekonstruktion der Corticalis und Rekanalisation der Markhöhle sowie die volle Belastbarkeit nach erfolgter Metallentfernung als wesentliche Punkte erfaßt. Die Fälle wurden, wenn möglich solange verfolgt, bis der Punkt " Normalisierung der Diaphyse nach Metallentfernung " mit " ja " beantwortet werden konnte.

Die Erhebung eventuell eingetretener Komplikationen erstreckt sich auf die Punkte Fraktur bei Z-förmiger Osteotomie, Fraktur der Platte bei Querosteotomie, Verbiegung der Platte nach der Osteosynthese sowie Fraktur nach Metallentfernung und sonstige Komplikationen.

Die ebenfalls mit erfaßte, jedoch bislang nur in wenigen Fällen durchgeführte Plattenauswechslung aus biomechanischen Gründen dürfte zunächst mehr prospektive Bedeutung haben. Die Überlegung eine starre Platte gegen eine elastischere Platte - also beispielsweise eine breite gegen eine schmale Osteosyntheseplatte - auszutauschen, ist darin begründet, durch geringeren Druckabfang über die Platte die Regenerationsfreudigkeit der Knochenneubildung anzuregen.

2.3. Statistische Auswertung

Zur statistischen Auswertung wurden die erhobenen Daten auf Lochkarten übertragen und einer Reihe von Kontrollauswertungen unterzogen. Die Rechengänge wurden auf der CD 3300 am Rechenzentrum der Universität Erlangen-Nürnberg durchgeführt.

Aufgabe der Datenerfassung und Auswertung war es zu den orthopädischen Fragen der Konsolidierung Stellung zu nehmen. Die speziellen Probleme von Verlaufsbeobachtungen in unregelmäßigen Zeitabständen machten eine ad-hoc-Programmierung notwendig. Die durchgeführten Auswertungen stellen die Ergebnisse in Form von Kreuztabellen dar, in denen eine Zielvariable (z.B. vollständige knöcherne Auffüllung der Verlängerungsstrecke) mit den bei den Patienten gege-

benen Nebenbedingungen (z.B. Grunderkrankung und Lebensalter) in Beziehung gesetzt werden.

Die sich aus der Fragestellung ergebenden statistischen Hypothesen wurden in sechs χ^2 -Tests beurteilt.

Weiteren Untersuchungen und Auswertungen ist es vorbehalten, über die bisherigen deskriptiven Auswertungen hinaus ein prognostisches Modell zu erarbeiten, das aus den präoperativen Daten Informationen ausschöpft, welche den späteren Behandlungserfolg beeinflussen. Ein solches Verfahren kann zu einer empirisch begründeten Präzisierung (evtl. auch Einschränkung und Erweiterung) der Indikationsstellung bei knochenverlängernden Operationen führen.

3. Ergebnisse

3.1. Behandelte und untersuchte Fälle

Die vorliegende Untersuchung erstreckt sich auf die Beurteilung von 100 Beinverlängerungen. Es handelt sich hierbei um eine geschlossene Serie aller Patienten, bei denen in den Jahren 1966 bis 1971 in der Orthopädischen Klinik des Wichernhauses eine operative Beinverlängerung durchgeführt wurde. Bei 15 Patienten wurden Doppelverlängerungen durchgeführt, das heißt, es wurde derselbe Oberschenkel zweimal verlängert (2 Patienten), oder es wurden sowohl der Oberschenkel als auch der Unterschenkel verlängert (13 Patienten). Die Doppelverlängerung mit Verlängerung des Ober- und Unterschenkels wurde zum Teil nacheinander mit einem Zwischenraum von mehreren Monaten oder auch gleichzeitig vorgenommen. Somit handelt es sich bei den 100 untersuchten Fällen um die Gesamtzahl der Beinverlängerungen, die bei 85 Patienten in den Jahren 1966 bis 1971 vorgenommen wurde.

In 57 Fällen wurde eine Oberschenkelverlängerung, in 43 Fällen eine Unterschenkelverlängerung durchgeführt. Die Verlängerungsbeträge lagen bei den Oberschenkelverlängerungen zwischen 35 und 155 mm, bei den Unterschenkelverlängerungen zwischen 30 und 72 mm. Dies ergibt einen durchschnittlichen Verlängerungsbetrag von 68 mm für die Oberschenkel und von 48 mm für die Unterschenkel. Der durchschnittliche Gesamtverlängerungsbetrag lag bei 60 mm.

Bei der Geschlechtsverteilung liegen die weiblichen Fälle mit 66 deutlich vor den 34 männlichen (vergleiche Tabelle 2). Die Tatsache, daß etwa doppelt soviel weibliche Patienten behandelt wurden ist auffallend. Man kann davon ausgehen, daß durch eine Beinverkürzung wesentlich mehr ästhetische und psychische Probleme für ein Mädchen oder eine Frau entstehen als dies bei einem Mann zu erwarten ist. Aus diesem Grunde wird eine Frau stärker auf den völligen Ausgleich einer Beinlängendifferenz drängen.

Die Verteilung des Patientengutes in den einzelnen Grundkrankheiten, die zu der Beinverkürzung geführt hatten, zeigt ein deutliches Überwiegen der Poliomyelitis, wie dies auf Tabelle 1 zu ersehen ist.

Tabelle 1

cong. Verkürz.	Polio- myelitis	traum. Verkürz.	sonst. Verkürz.	insges.
18	31	14	37	100
<u>GRUNDKRANKHEITEN</u> Neben den sonstigen Beinverkürzungen überwiegt die Poliomyelitis				

In die Gruppe der sonstigen Beinverkürzungen wurden die systemhaften Grunderkrankungen, andere Infektionserkrankungen sowie beispielsweise der Zustand nach Bestrahlung zusammengefaßt.

Das Alter der Patienten lag bei Verlängerungsbeginn zwischen dem 3. und dem 40. Lebensjahr bei einem durchschnittlichen Lebensalter von 16 Jahren.

Tabelle 2

Alter in J.	bis unt.10	10 bis unt.15	15 bis unt.20	20 bis unt.30	30 u. darüb.	insges.
männl.	7	4	12	11	0	34
weibl.	4	22	21	18	1	66
insges.	11	26	33	29	1	100
<u>LEBENSALTER UND GESCHLECHT DER PATIENTEN BEI BEGINN DER VERLÄNGERUNG</u> Etwa 2/3 der Fälle sind weiblich, mehr als die Hälfte der Fälle sind in der Altersgruppe von 10 bis unter 20 J.						

Wie aus Tabelle 2 zu ersehen ist, weist die Mehrzahl der Fälle bei Verlängerungsbeginn ein Alter von 10 bis unter 20 Jahren auf. Als Ursache für diese Verteilung ist einerseits die größere Operationsbereitschaft von seiten des Patienten gegeben, der sich mit seiner Beinlängendifferenz nicht abfinden kann. Andererseits wird sich der Operateur bei einem entsprechend starken Begehren des Patienten leichter zur Operation entscheiden, da hier mit einer guten Co-operation gerechnet werden kann. Ferner ist auch die Indikationsstellung in diesem Lebensalter leichter, da die Beinverlängerung mit ihrem relativ großen Zeitaufwand einen weniger starken Einschnitt in das Berufs- und Familienleben darstellt.

Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die Verkürzungsbeträge der operierten Extremitäten. Zur besseren Übersicht wurden 5 Gruppen gebildet, wobei die Gruppen mit einem Verkürzungsbetrag von 30 bis unter 50 mm und 50 bis unter 70 mm am stärksten vertreten sind.

Tabelle 3

bis unt.30	30 bis unt.50	50 bis unt.70	70 bis unt.100	100 u. darüb.	insges.
5	43	30	18	4	100
VERKÜRZUNGSBETRÄGE IN mm Die Mehrzahl der Fälle hat eine Verkürzung von 30 bis unter 70 mm.					

Bei einer Beinverkürzung von mehr als 70 oder gar mehr als 100 mm muß unter Umständen eine Verlängerung in Etappen vorgenommen werden, das heißt, daß zunächst die Beinlängendifferenz nur teilweise ausgeglichen wird und in einer zweiten Verlängerung der vollständige Längenausgleich nach vorheriger vollständiger knöcherner Auffüllung der ersten Verlängerung herbeigeführt wird. Durch dieses Vorgehen kann eine übermäßige Atrophie des Knochens mit der damit verbundenen vermehrten Bruchgefahr der verlängerten Extremität vermieden werden. In der statistischen Auswertung (vergleiche Tabelle 17) erscheinen diese Fälle in der Rubrik einer verbleibenden Restverkürzung von mehr als 20 mm.

3.2. Ergebnisse der statistischen Auswertung

3.2.1. Ausgangssituation vor der Beinverlängerung

Die Beurteilung der Röntgenaufnahmen des verkürzten Beines vor und während der Verlängerung gibt unter anderem ein Bild über das Ausmaß der Knochenatrophie. Der Grad der Atrophie kann eventuell für die Knochenneubildung nach Distraction von Bedeutung sein.

Tabelle 4 gibt eine Übersicht über die Atrophiegrade in Bezug auf die Grunderkrankung bei Verlängerungsbeginn.

Tabelle 4

Atrophie	cong. Polio traum. sonst.				insges.
keine	14	12	6	22	54
leichte	3	16	7	14	40
mittlere	1	3	1	1	6
starke	0	0	0	0	0
insges.	18	31	14	37	100
<u>ATROPHIE DES KNOCHENS IN ABHÄNGIGKEIT VON</u> <u>DER GRUNDKRANKHEIT BEI BEGINN DER</u> <u>VERLÄNGERUNG</u> Bei den cong.Ver Kürzungen bestand vor der Beinverlängerung nur in wenigen Fällen eine Atrophie					

Auffallend ist hierbei, daß die Mehrzahl der congenitalen Beinverkürzungen keine Knochenatrophie aufweisen, während

bei den Verkürzungen durch Poliomyelitis und den traumatischen Beinverkürzungen der überwiegende Anteil eine zumindest leichte Knochenatrophie zeigt. Bei den unter sonstigen Verkürzungen zusammengefaßten Fällen ist die Knochenatrophie nicht so deutlich.

In Tabelle 5 sind die Osteotomiearten für Ober- und Unterschenkel getrennt aufgeführt und in Jahrgänge gegliedert.

Tabelle 5

Jahrgang	1966	1967	1968	1969	1970	1971	insges.
Oberschenkel							
quere Osteot.	2	3	13	9	11	16	54
Z-förm.Osteot.	0	3	0	0	0	0	3
Unterschenkel							
quere Osteot.	0	0	1	5	7	15	28
Z-förm.Osteot.	2	5	4	4	0	0	15
insges.	4	11	18	18	18	31	100
<u>ZAHL DER OPERATIONEN UND OSTEOTOMIETYP (NACH OBER- UND UNTERSCHENKEL GETRENNT)</u> Die Z-förmigen Osteotomien, die vorwiegend am Unterschenkel vorgenommen wurden, sind mit der Verbesserung der Operationstechnik und der zunehmenden Erfahrung seit 1968/69 durch die geeignetere Querosteotomie abgelöst worden.							

Die technisch schwierigere Z-förmige Osteotomie verletzt den Knochen wesentlich stärker und setzt damit eine grössere Knochenwunde, ferner bietet sie eine schlechtere Ausgangssituation für die Osteosynthese am Ende der Distraction.

Gleichzeitig mit der Einführung des Distraktionsgerätes nach WAGNER, das dem Distractionssystem mehr Stabilität und dem Patienten volle Bewegungsfreiheit verleiht, wurde die Z-förmige Osteotomie zugunsten der Querosteotomie seit 1968/69 nicht mehr angewandt.

Zur Verhinderung einer Inkongruenz im oberen Sprunggelenk bei Unterschenkelverlängerungen wurde in den ersten Jahren eine tibiofibuläre Knochenbrücke (ANDERSON, 1952) (2) in einer Voroperation herbeigeführt (siehe Abb. 1). Diese Stabilisation wurde später durch tibiofibuläre Stellschrauben vorgenommen, die bei der Verlängerungsosteotomie eingebracht worden sind. Diese Art der Stabilisation des oberen Sprunggelenkes stellt eine elastische Verbindung dar. Sie hat den Vorteil, daß die zuvor angewendete starre Verbindung der Knöchelgabel vermieden wird, die wie wir aus der Erfahrung mit Brückencallus bei Frakturheilungen wissen (WEBER, 1972) (13), zu einer frühzeitigen Arthrose des oberen Sprunggelenkes führt.

Tabelle 6 zeigt die zahlenmäßige Aufstellung der durchgeführten tibiofibulären Knochenbrücken und der Fälle, bei denen tibiofibuläre Stellschrauben eingebracht wurden. Bei 8 Fällen konnte auf eine derartige Stabilisation des Außenknöchels verzichtet werden, da entweder eine Arthro-

dese im oberen Sprunggelenk oder eine Aplasie der Fibula bestand.

Tabelle 6

Osteotomie	tibiofib. Stellschr. Stellschr. Synostose proximal dist.			insges.
quere	1	0	23	24
Z-förm.	6	0	4	10

VERBINDUNG ZWISCHEN TIBIA UND FIBULA BEI 42 UNTER-
SCHENKELVERLÄNGERUNGEN

Stabilisation des Außenknöchels bei Verlängerungs-
beginn, seit 1968/69 ausschließlich durch fibulo-
tibiale Stellschrauben

3.2.2. Veränderungen während der Distraction

Wie bereits früher erwähnt, hat das von WAGNER (11) beschriebene Verfahren der operativen Beinverlängerung aufgrund der Bewegungsfreiheit des Patienten unter anderem den Vorteil, daß bereits während der Distraction problemlos Röntgenaufnahmen der betroffenen Extremität angefertigt werden können. Anhand der Röntgenkontrollen, die bei unseren Patienten in Abständen von etwa 4 Wochen ab Verlängerungsbeginn sowie in jedem Fall am Ende der Distraction durchgeführt werden, können wichtige Beurteilungskriterien für die weitere Distraction oder die Notwendigkeit zur Beendigung entnommen werden. Hierzu zählen vor allem, wie bereits erwähnt, das Ausmaß der Atrophie des Knochens sowie die Osteolyse im Bereich der Schanz'schen Schrauben, die häu-

fig einer Lockerung der Schanz'schen Schrauben entspricht (siehe Abb.3, S.35). Auch kann durch die Röntgenkontrollen während der Distraction schon das Ausmaß der Callusbildung im Distraktionsbereich festgestellt werden (siehe Abb. 5 und 6, S. 70/71).

Die Röntgenaufnahmen am Ende der Distraction, also nach erreichtem Verlängerungsbetrag gibt uns die Möglichkeit der vergleichenden Beurteilung.

Tabelle 7

Atrophie vor Distraction	Atrophie nach Distraction				
	keine	leichte	mittlere	starke	insges.
keine	8	26	15	5	54
leichte	0	15	20	5	40
mittlere	0	0	4	2	6
starke	0	0	0	0	0
insges.	8	41	39	12	100
<u>ZUNAHME DER KNOCHENATROPHIE UNTER DISTRAKTION</u> <u>(IN BEZUG AUF VORBESTEHENDE ATROPHIE)</u> Je geringer die Atrophie bei Verlängerungsbeginn, desto wahrscheinlicher ist die Zunahme der Atrophie während der Distraction.					

So zeigt Tabelle 7 die Atrophie bei Beginn und am Ende der Distraction. Anhand dieser Gegenüberstellung läßt sich die Atrophieänderung während der Distraction genau verfolgen. Von den 54 Fällen ohne Atrophie bei Verlängerungsbeginn zeigen nur 8 Fälle auch am Ende der Distraction dieses Bild, während bei 26 Patienten schon eine leichte, bei 15 Fällen eine mittlere und bei 5 eine starke

Atrophie des Knochens vorliegt. Dieses bedeutet, daß bei rund 70% der Fälle ohne Knochenatrophie bei Verlängerungsbeginn eine Zunahme der Atrophie während der Distraction festzustellen ist. Natürlich ist das Ausmaß der Atrophie am Ende der Distraction nicht nur von den Ausgangsbefunden sondern auch vom Verlängerungsbetrag beziehungsweise der Distaktionszeit abhängig. Für einen zuvor voll beanspruchten Knochen ist ferner die relative Inaktivierung während der Distraction ein stärkerer Einschnitt als für einen ohnehin zuvor schon wenig belasteten Knochen. So muß man auch die relativ nur geringe Zunahme der Atrophie bei schon vorbestehender leichter Atrophie werten. Auffallend ist die große Anzahl von über einem Drittel der Fälle mit leichter Atrophie bei Verlängerungsbeginn, die auch am Ende der Distraction nur eine leichte Atrophie zeigt. Dies bedeutet, daß in diesen Fällen keine Zunahme der Atrophie nachzuweisen ist. Die verbleibenden Patienten aus dieser Gruppe (Tabelle 7, Zeile 2) weisen zur Hälfte eine Zunahme der Atrophie um eine Stufe (mittlere Atrophie) und etwa ein Achtel um zwei Stufen (starke Atrophie) auf. Aus der Gruppe der Beurteilung " mittlere Knochenatrophie bei Verlängerungsbeginn " (Tabelle 7, Zeile 3) weist nur ein Drittel eine Atrophiezunahme zur starken Atrophie hin auf. Diese Aussage ist jedoch aufgrund der geringen Anzahl der Fälle nicht beweisend. Im ganzen kann man sagen, daß je geringer die Atrophie bei Beginn der

Verlängerung ist, desto wahrscheinlicher eine Zunahme der Atrophie während der Distraction auftritt. Eine Abnahme der Atrophie während der Verlängerung ist nicht beobachtet worden

In Tabelle 8 sind die erreichten Verlängerungsbeträge in Altersgruppen aufgeteilt, erfaßt worden.

Tabelle 8

Verl.- Betr. in mm	Alter in Jahren					insges.
	bis unt.10	10 bis unt.15	15 bis unt.20	20 bis unt.30	30 u. darüb.	
bis unt.30	0	0	0	0	0	0
30 bis unt.50	4	6	13	13	0	36
50 bis unt.70	6	11	18	0	0	43
70 bis unt.100	0	5	1	6	1	13
100 u. darüb.	1	4	1	2	0	8
insges.	11	26	33	29	1	100
<u>VERLÄNGERUNGSBETRÄGE IN DEN ALTERSGRUPPEN</u> Etwa 2/3 der Fälle liegen in den Gruppen mit einem Verlängerungsbetrag von 30 bis unter 70 mm und in der Altersgruppe von 10 bis unter 30 Jahre.						

Auffallend ist ein zahlenmäßiges Maximum einerseits in der Altersgruppe von 10 bis unter 30 Jahren (Spalte 2-4) und andererseits in den Verlängerungsbeträgen von 30 bis unter 70 mm (Zeile 2 und 3). In diese kombinierte Gruppe fallen

69 von 100 Fällen, also etwa 70%. Dadurch wird die Ansicht bestärkt, daß die Verkürzungs- beziehungsweise Verlängerungsbeträge von etwa 50 mm die häufigste Operationsindikation darstellen. In der Altersverteilung überwiegt die Gruppe von 15 bis unter 20 Jahren.

Zwischen dem erreichten Verlängerungsbetrag am Ende der Distraction und dem Ausmaß der Atrophie zu diesem Zeitpunkt besteht- wie Tabelle 9 zeigt- ein deutlicher Zusammenhang. Mit zunehmendem Verlängerungsbetrag steigt auch der Atrophiegrad des verlängerten Knochens.

Tabelle 9

Atrophie am Ende der Distraction	bis unt.30	30 bis unt.50	50 bis unt.70	70 bis unt.100	100 u. darüb.	insges.
keine	0	7	1	0	0	8
leichte	0	17	18	6	0	41
mittlere	0	10	20	6	3	39
starke	0	2	4	1	5	12
insges.	0	36	43	13	8	100
<u>ATROPHIE AM ENDE DER DISTRAKTION IN ABHÄNGIGKEIT VOM ERREICHTEN VERLÄNGERUNGSBETRAG</u> Je größer der erreichte Verlängerungsbetrag ist, desto stärker wird die Atrophie des Knochens.						

Man kann davon ausgehen, daß diese Atrophiezunahme durch die lange Zeit der relativen Immobilisation der verlängerten Extremität und die in dieser Zeit nur geringe Belastung des Beines bedingt ist. Während bei den Verlängerungsbeträgen von 30 bis unter 50 mm nur ein Drittel der Fälle eine

mittlere und starke Atrophie aufweisen, so ist es bei der Gruppe mit einem Verlängerungsbetrag von 50 bis unter 70 mm schon über die Hälfte, in der nächsten Gruppe fast zwei Drittel und bei einem Verlängerungsbetrag von 100 mm und mehr, die Gesamtzahl dieser Gruppe.

Eine Gegenüberstellung der Atrophie am Ende der Distraction mit den Grundkrankheiten zeigt, daß bei den Poliomyelitisfällen die geringste und bei den traumatischen Beinverkürzungen die stärkste Atrophiezunahme auftritt. Diese Aussage ist aber in dem bereits Gesagten impliziert, da die Poliomyelitisfälle bei Beginn der Verlängerung im Durchschnitt eine stärkere Atrophie zeigen als die traumatischen Beinverkürzungen. Ferner ist mit steigendem Atrophiegrad bei Verlängerungsbeginn eine geringere Atrophiezunahme zu erwarten.

Ein Zusammenhang der Atrophie am Ende der Distraction mit dem Lebensalter ist in dem untersuchten Patientengut nicht festzustellen.

Als Osteolyse im Bereich der Schanz'schen Schrauben wurden eine Verminderung der schattengebenden Knochenstrukturen in der direkten Umgebung des Schraubengewindes und eine bisweilen leicht wolkige Callusanlagerung an der Ein-, beziehungsweise Austrittsstelle der Schanz'schen Schraubenkanäle des Knochens gewertet (siehe Abb.3). Diese Veränderungen sind weniger durch eine mechanische Lockerung der Schrauben als vielmehr durch die Stärke der Knochen-

Abbildung 3



Osteolyse im Bereich
der Schanz'schen Schrauben:

11 Jahre alte Patientin, Zustand
nach Oberschenkelverlängerung
von 57 mm wegen congenitaler
Hüftluxation links. Deutliche
Osteolysezeichen, insbesondere
an der unteren der beiden dista-
len Schanz'schen Schrauben.
Diese Veränderung ist typischer-
weise von einer starken Knochen-
atrophie begleitet.

atrophie bedingt.

Da das Ausmaß der Osteolyse im Bereich der Schanz'schen Schrauben ebenso wie die Zunahme der Atrophie des Knochens eine von der Zeit abhängige Reaktion darstellt, sind gewiß Übereinstimmungen zu erwarten.

Trägt man die Osteolyse im Bereich der Schanz'schen Schrauben gegen die Grundkrankheiten auf (Tabelle 10), so ist eigentlich keine der Grundkrankheiten mit Ausnahme der traumatischen Beinverkürzungen besonders stark betroffen.

Tabelle 10

Grunderkrankung	cong. Verkürz.	Polio-myelitis	traum. Verkürz.	sonst. Verkürz.	insges.
keine Osteolyse	9	13	3	18	43
Osteolyse	8	18	11	17	54
nicht beurteilbar	1	0	0	2	3
insges.	18	31	14	37	100
<u>OSTEOLYSE DER SCHANZ'SCHEN SCHRAUBEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER GRUNDERKRANKUNG</u> Die traumatischen Beinverkürzungen weisen gegenüber den übrigen Grunderkrankungen eine vermehrte Osteolyse der Schanz'schen Schrauben am Ende der Distraction auf.					

Bei den übrigen Grundkrankheiten liegt die Osteolyse im Bereich der Schanz'schen Schrauben bei etwa der Hälfte der Fälle. Hierbei muß natürlich andererseits auch erwähnt werden, daß eine bei den röntgenologischen Verlaufskontrollen

während der Distraction aufgetretene stärkere Osteolyse im Bereich der Schanz'schen Schrauben unter Umständen ein Motiv zur Beendigung der Distraction darstellen kann.

Das in Tabelle 11 aufgeführte Kriterium einer Osteolyse im Bereich der Schanz'schen Schrauben gegenüber den einzelnen Altersgruppen läßt ein Maximum in der Altersgruppe zwischen 10 bis unter 15 Jahren erkennen.

Tabelle 11

Alter b.Beg. bis d.Verläng.	10 bis unt.10	10 bis unt.15	15 bis unt.20	20 bis unt.30	30 u. darüb.	insges.
keine Osteolyse	6	6	16	14	1	43
Osteolyse	5	20	16	13	0	54
nicht beur- teilbar	0	0	1	2	0	3
insges.	11	26	33	29	1	100
<u>OSTEOLYSE DER SCHANZ'SCHEN SCHRAUBEN IN DEN ALTERSGRUPPEN</u> Die stärkste Lockerungsquote liegt in der Altersgruppe von 10 bis unter 15 Jahre(jugendlicher Leichtsinn und Bewegungs- drang).						

Bei diesem Patientengut handelt es sich in der Regel um entsprechend jugendlich unbesorgte Individuen, die auch hin und wieder eine vermehrte Belastung des betroffenen Beines riskieren und dadurch das Verlängerungssystem zum Teil überfordern. Andererseits liegen auch in dieser Altersgruppe die Patienten mit den größten Verlängerungs-

beträgen und somit auch mit der längsten Distraktionsdauer.

Deutliche Abhängigkeit zeigt die Osteolyse im Bereich der Schanz'schen Schrauben vom Verlängerungsbetrag, wie dies in Tabelle 12 aufgeführt ist.

Tabelle 12

mm	bis unt. 30	30 bis unt. 50	50 bis unt. 70	70 bis unt. 100	100 u. darüb.	insges.
keine Osteolyse	0	22	17	3	1	43
Osteolyse	0	13	26	9	6	54
nicht beur- teilbar	0	1	0	1	1	3
insges.	0	36	43	13	8	100
<u>OSTEOLYSE DER SCHANZ'SCHEN SCHRAUBEN IN ABHÄNGIGKEIT VOM VERLÄNGERUNGSBETRAG IN mm</u> Bei Verlängerungsbeträgen über 50 mm nehmen die Osteolyse- zeichen an den Schanz'schen Schrauben deutlich zu.						

Als kritischen Wert kann man einen Verlängerungsbetrag von etwa 50 mm annehmen. Bis zu dieser Größe hält sich die Osteolyse mit etwa 40% der Fälle in Grenzen. Darüber hinaus, also zwischen 50 bis über 100 mm steigt die Zahl der Fälle mit einer Osteolyse steil an und liegt bei durchschnittlich über 50%. Dies zeigt wiederum den Zusammenhang zwischen Distraktionsdauer, Verlängerungsbetrag, Atrophie am Ende der Distraktion und Osteolyse des Knochens im Bereich der Schanz'schen Schrauben. So decken sich in etwa die Gesamtsumme

der Patienten mit einer Osteolyse im Bereich der Schanz'schen Schrauben von 54 Fällen mit denen der mittleren und starken Knochenatrophie am Ende der Distraction mit 51 Fällen (vergleiche Tabelle 7, 3. und 4. Zeile zusammen).

Die Verbiegung der Schanz'schen Schrauben ist der Ausdruck einer Grenzwertbelastung des Verlängerungssystems.

Wie aus Tabelle 13 zu ersehen ist, liegt bezüglich einer Verbiegung der Schanz'schen Schrauben am Ende der Distraction bei den congenitalen Beinverkürzungen ein Zahlenmaximum vor.

Tabelle 13

Grunderkrankung	cong. Verkürz.	Polio-myelitis	traum. Verkürz.	sonst. Verkürz.	insges.
keine Verbieg.	13	30	13	31	87
Verbieg.	4	1	1	3	9
nicht beurteilbar	1	0	0	3	4
insges.	18	31	14	37	100
<u>VERBIEGUNG DER SCHANZ'SCHEN SCHRAUBEN AM ENDE DER DISTRAKTION IN ABHÄNGIGKEIT VON DER GRUNDERKRANKUNG</u> Bei den congenitalen und sonstigen verkürzungen kommt eine Verbiegung der Schanz'schen Schrauben häufiger vor.					

Aus der klinischen Erfahrung ist bekannt, daß diese ein sehr festes Bindegewebe und sehr harte Fascien besitzen, wodurch eine entsprechend starke Weichteilspannung der

Distraction entgegen wirkt. Auffallend ist die geringe Anzahl von nur einem Fall mit einer Verbiegung der Schanz'schen Schrauben bei 30 Poliomyelitisfällen. Auch hier wird dieses Verhältnis durch einen entsprechenden klinischen Befund unterstützt. Atrophische, relativ gut überdehnbare Weichteile sind bei den Patienten mit einer Poliomyelitis die Regel.

In Tabelle 14 ist die Verbiegung der Schanz'schen Schrauben in Abhängigkeit vom Lebensalter der Patienten aufgetragen.

Tabelle 14

Alter in J.	bis unt.10	10 bis unt.15	15 bis unt.20	20 bis unt.30	30 u. darüb.	insges.
keine Verbieg.	8	24	30	24	1	87
Verbieg.	3	1	2	3	0	9
nicht be- urteilbar	0	1	1	2	0	4
insges.	11	26	33	29	1	100
VERBIEGUNG DER SCHANZ'SCHEN SCHRAUBEN IN DEN ALTERSGRUPPEN Eine Verbiegung der Schanz'schen Schrauben ist fast immer auf die Grunderkrankung (cong.Beinverkürzung) zurückzu- führen. (s.auch Tabelle 13).						

Auffallend ist hierbei, daß bei 3 der 11 Patienten unter 10 Jahren eine Verbiegung der Schanz'schen Schrauben festzustellen ist. Diese Fälle sind wiederum ausnahmslos congenitale Beinverkürzungen mit einer entsprechend starken Weichteilspannung. Ferner handelt es sich bei diesen Patienten um relativ große Verlängerungsbeträge von mehr als

50 mm. Verhältnismäßig gering ist dagegen die Anzahl der Verbiegung der Schanz'schen Schrauben im Lebensalter von 10 bis unter 30 Jahren (2. bis 4. Zahlenreihe der Tabelle 14). Bei den insgesamt 6 von 9 Fällen bestanden als Grunderkrankung bei einem Fall wiederum eine congenitale Beinverkürzung mit den damit verbundenen schwer dehnbaren Weichteilen, bei einem weiteren Fall eine Polio, ferner eine traumatische Beinverkürzung sowie 3 systemhafte Erkrankungen, die zu der Beinverkürzung geführt hatten. Die Verlängerungsbeträge lagen hier zwischen 30 und weniger als 70 mm.

Bei der Verlängerung des Unterschenkels kommt der Funktion und der möglichst normalen anatomischen Beschaffenheit des oberen Sprunggelenkes besondere Bedeutung zu. Hierdurch wird ein vorzeitiger Verschleiß dieses Gelenkes verhindert. Wie wir wissen, ist die anatomisch exakte Stellung und Länge des Außenknöchels für eine normale Funktion des oberen Sprunggelenkes von entsprechender Bedeutung. (WEBER, 1972) (13). Aus diesem Grunde wird bei der Unterschenkelverlängerung entweder in einer Voroperation oder mit der Verlängerungsosteotomie in gleicher Sitzung eine Stabilisation des Außenknöchels oberhalb der tibiofibularen Syndesmosen vorgenommen.

Wie aus Tabelle 6 (siehe oben) hervorgeht und bereits erwähnt wurde, ist die zunächst in einer Voroperation durchgeführte tibiofibuläre Synostose (ANDERSON, 1952) (2) zugunsten der tibiofibulären Stellschrauben, die bei der Verlängerungsosteotomie eingebracht werden (WAGNER, 1971) (11), fallen gelassen worden.

Als Kriterium für eine eventuelle Inkongruenz der Gelenkflächen im oberen Sprunggelenk haben wir aus den erwähnten Überlegungen die Differenz des Verlängerungsbetrages zwischen Tibia und Fibula sowie die Dislokation des Außenknöchels gegenüber dem Ausgangsbefund herangezogen. Natürlich kann eine Differenz des Verlängerungsbetrages zwischen Tibia und Fibula nicht nur durch eine Dislokation des Außenknöchels sondern ebenso gut durch ein Tiefertreten des proximalen Fibulafragmentes oder durch eine Valgus-, beziehungsweise Varusfehlstellung des Unterschenkels verursacht sein. Diese Längendifferenzen wurden erst bei mehr als 3 mm für wesentlich erachtet und entsprechend zusammengefaßt.

Die Tabelle 15 zeigt, daß ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Längendifferenz und dem Alter der Patienten besteht.

Tabelle 15

Alter in J.	bis unt.10	10 bis unt.15	15 bis unt.20	20 bis unt.30	30 u. darüb.	insges.
unt. 3 mm	1	2	2	0	0	5
3 mm und darüber	3	5	14	11	0	33
nicht be- urteilbar	0	1	1	3	0	5
insges.	4	8	17	14	0	43
<u>DIFFERENZ DES ERREICHTEN VERLÄNGERUNGSBETRAGES ZWISCHEN</u> <u>TIBIA UND FIBULA AM ENDE DER DISTRAKTION IN ABHÄNGIGKEIT</u> <u>VOM LEBENSALTER</u> Bei 33 von 43 Fällen ist eine Differenz von 3 mm und mehr zwischen Tibia und Fibula am Ende der Distraction auf- getreten.						

Wichtig scheint jedoch zu sein, daß bei 33 von 42 Fällen eine Längendifferenz von 3 oder mehr Millimetern vorliegt.

Bei 5 Fällen konnte die Längendifferenz aufgrund technischer Unzulänglichkeiten des Röntgenbildes nicht beurteilt werden.

Eine Aufstellung der Längendifferenz gegenüber den verschiedenen Grundkrankheiten zeigt ebenso wenig wie erstaunlicherweise auch gegenüber den Verlängerungsbeträgen besondere Schwerpunkte.

Interessanter und aufschlußreicher sind die Ergebnisse, wenn man die Längendifferenz zwischen Tibia und Fibula in ihre Ursachen, nämlich Dislokation des Außenknöchels und/oder Dislokation des Fibulaköpfchens analysiert.

Tabelle 16

Dislokation d.Außenknöchels	Dislokation des Fibulaköpfchens			insges.
	nein	ja	nicht beurteilb.	
nein	0	30	0	30
ja	0	4	0	4
nicht beurteilb.	0	6	3	9
insgesamt	0	40	3	43
<u>DISLOKATION DES FIBULAKÖPFCHENS BZW.DES AUßENKNÖCHELS</u> Nur in 4 Fällen trat eine Dislokation des Außenknöchels während der Distraction auf.				

Die so erarbeitete Tabelle 16 zeigt, daß in keinem Fall weder eine Dislokation des Außenknöchels noch des Fibula-

köpfchens besteht und daß das Maximum der Längendifferenz durch ein Tiefertreten des proximalen Fibulaköpfchens - also des Fibulaköpfchens - verursacht ist. Nur in 4 Fällen ist eine Dislokation des Außenknöchels festzustellen, die jedoch immer in Verbindung mit einer Dislokation des Fibulaköpfchens auftritt. Dagegen ist die Zahl der Dislokationen des Fibulaköpfchens mit 33 von 42 Fällen sehr hoch. Durch dieses Phänomen ist jedoch weder im röntgenologischen noch im klinischen Befund eine Achsabweichung festzustellen, obwohl dies theoretisch durch eine eventuell vermehrte Bänderspannung zu erwarten wäre.

Die oben besprochenen Beurteilungskriterien während der Distraction wie Atrophie und Osteolyse im Bereich der Schanz'schen Schrauben sind neben den klinischen Befunden, wie Beweglichkeit der benachbarten Gelenke und Weichteilbefund maßgebend für die Zeit, die noch weiterhin verlängert werden kann. Es wird also nach diesen Kriterien entschieden, ob in manchen Fällen die Distraction sogar beendet werden muß, bevor die gewünschte Länge erreicht ist. Eine starke Knochenatrophie wird ebenso wie eine starke Bewegungseinschränkung der dem verlängerten Knochen benachbarten Gelenke zur frühzeitigen Beendigung der Distraction zwingen. Bei bestimmten

Fällen mit einer starken Beinverkürzung und ungünstigen Weichteilverhältnissen wird auch von vorneherein die Verlängerung in mehreren Etappen vorgesehen.

In Tabelle 17 ist eine Aufstellung der Differenz zwischen erreichtem Verlängerungsbetrag und Verkürzungsbetrag erarbeitet worden.

Tabelle 17

	mehr als 20 mm	20 - 1 mm	keine Diff.	insges.
Fälle	6	25	69	100
DIFFERENZ ZWISCHEN VERKÜRZUNG UND ERREICHTER VERLÄNGERUNG Bei den 31 Fällen mit einer Restverkürzung ist diese meist beabsichtigt.				

Bei 69 Fällen konnte ein vollständiger Beinlängenausgleich herbeigeführt werden. 25 Patienten hatten am Ende der Distraction noch eine Restverkürzung von weniger als 20 mm. Diese geringe Beinlängendifferenz war entweder klinisch nur so wenig bedeutsam, daß eine weitere Distraction wegen zu befürchtender Probleme unterlassen wurde, oder es bestanden andere anatomische Veränderungen, wie zum Beispiel Arthrodese des Hüftgelenkes, Arthrodese des Kniegelenkes oder Lähmungen, die diese leichte Restverkürzung für ein besseres Gehvermögen erforderlich machten. Bei 6 Fällen verblieb am Ende der Distraction eine Beinverkürzung von 20 mm bis zu 60 mm, hier handelt es sich bei 2 Patienten um die erste einer Doppelverlängerung des Oberschenkels, bei weiteren 2 Patienten um eine beabsichtigte Restverkürzung von 20 mm wegen Hüftarthrodese und bei weiteren 2 Fällen um die erste

Verlängerung, der nach der knöchernen Konsolidierung eine zweite Verlängerung an dem selben Bein folgen soll.

3.2.3. Konsolidierung der Verlängerungsstrecke

Eines der wichtigsten Probleme bei der operativen Beinverlängerung ist die knöcherne Überbrückung der Distractionsstrecke. Hier gibt es praktisch alle Variationen vom absoluten Callusmangel über leichte Callusbildung bis zur vollständigen knöchernen Überbrückung am Ende der Distraction (siehe Abb. 4, S. 69).

In den folgenden 3 Tabellen ist das Vorhandensein einer durchgehenden Callusbrücke in der Verlängerungsstrecke am Ende der Distraction in Abhängigkeit von der Grundkrankheit, dem Lebensalter und dem Verlängerungsbetrag aufgezeichnet.

In Verbindung mit der Grunderkrankung (Tabelle 18) liegt bei den congenitalen und den traumatischen Beinverkürzungen gegenüber den Poliomyelitisfällen und den sonstigen Beinverkürzungen eine deutlich bessere Callusbildung vor.

Nicht ganz die Hälfte der unter sonstige Beinverlängerungen zusammengefaßten Fälle weist am Ende der Distraction eine durchgehende Callusbrücke auf. Bei den Poliofällen ist der Anteil noch etwas geringer.

Tabelle 18

Grunderkrankung	cong. Verkürz.	Polio-myelitis	traum. Verkürz.	sonst. Verkürz.	insges.
nein	6	17	5	19	47
ja	12	14	9	18	53
insges.	18	31	14	37	100

$\chi^2 = 3,111$ drei Freiheitsgrade, nicht signifikant

DURCHGEHENDE KNÖCHERNE ÜBERBRÜCKUNG AM ENDE DER DISTRAKTION IN ABHÄNGIGKEIT VON DER GRUNDERKRANKUNG

Congenitale u. traumatische Verkürzungen zeigen während der Distraction eine überdurchschnittlich gute Callusbildung.

Wie aus den Aufstellungen der Tabelle 19 zu ersehen ist, sind die Altersgruppen bis unter 15 Jahren und weniger deutlich von 15 bis unter 20 Jahren durch ein hohes Maß an Callusbildung während der Distraction ausgezeichnet. Wenn man berücksichtigt, daß außerdem in der Altersgruppe von 10 bis unter 15 Jahren 9 der 21 Fälle mit einem Verlängerungsbetrag von 70 mm und darüber liegen (vergleiche Tabelle 8) so ist der hohe Anteil einer durchge-

henden Callusbrücke am Ende der Distraction um so bemerkenswerter.

Tabelle 19

Alter in J.	bis unt.15	15 bis unt.20	20 u. darüb.	insges.
nein	12	15	20	47
ja	25	18	10	53
insges.	37	33	30	100
$\hat{\chi}^2 = 7,842$ zwei Freiheitsgrade, α kleiner als 5% <u>DURCHGEHENDE KNÖCHERNE ÜBERBRÜCKUNG AM ENDE DER</u> <u>DISTRAKTION IN DEN ALTERSGRUPPEN</u> Mehr als die Hälfte der Fälle wies am Ende der Distraction eine durchgehende Callusbrücke auf.				

Hier zeichnet sich ein vom Alter anhängiger, statistisch signifikanter Zusammenhang mit der Knochenregeneration in der Verlängerungsstrecke ab.

Bei den in Tabelle 20 erarbeiteten Bezugswerten zwischen Verlängerungsbetrag und durchgehender knöcherner Überbrückung ist auffällig, daß in der Verlängerungsgruppe von 30 bis unter 50 mm die röntgenologisch sichtbare Callusbildung am schlechtesten ist. In diesen Fällen darf zwar auch schon eine Callusbildung angenommen werden, die jedoch in ihrer Mineralisation noch nicht soweit fortgeschritten ist, daß sie röntgenologisch erfaßt werden kann.

Diese Ansicht wird auch durch die tierexperimentellen und histomorphologischen Untersuchungen von PFLUGER et al (8) sowie STRAUSS und PESCH (10) bestätigt.

Tabelle 20

mm	bis unt. 70	70 u. darüb.	insges.
nein	39	8	47
ja	40	13	53
insges.	79	21	100
$\chi^2 = 0,846$ ein Freiheitsgrad, nicht signifikant <u>DURCHGEHENDE KNÖCHERNE ÜBERBRÜCKUNG AM ENDE DER</u> <u>DISTRAKTION IN ABHÄNGIGKEIT VOM VERLÄNGERUNGS-</u> <u>BETRAG IN mm</u> Je größer der Verlängerungsbetrag, desto wahrscheinlicher ist die röntgenologisch sichtbare Callusbildung.			

Auf dem Weg zu einer völligen Herstellung eines durchgehenden Knochenregenerates im Distraktionsbereich- wie oben erläutert- ist der Zeitpunkt der ersten durchgehenden Callusbrückenbildung von Bedeutung. Während der Distraktion bildet sich die Callusbrücke- wenn überhaupt- vom distalen und proximalen Fragment her aus.. Die Calluszapfen wachsen von den Osteotomieflächen wie Stalagmit und Stalaktit aufeinander zu um sich schließlich an ihren Spitzen zu treffen. (Siehe Abb. 4, S. 69)

Zum Teil ist auch eine Callusproliferation zu beobachten,

die mehr auf der dem Distractionssystem abgewandten Seite gelegen ist. Diese Beobachtung trifft da zu, wo durch die Elastizität des Distractionssystems bedingte Federbewegungen auf der entsprechenden Seite entstehen und infolge dieser Mikrobewegungen hier die Callusbildung anregen.

In diesem Sinne ist es nicht verwunderlich, daß nach der Adaptationsosteosynthese die Callusbildung und Ossifikation im Distractionsbereich zunächst auf der plattenfernen Seite stärker einsetzt als im plattennahen Bereich. Das relativ starre Metallimplantat fängt Schub-, Zug- und Scherkräfte im plattennahen Anteil stärker ab, sodaß auf der plattenfernen Seite ein vermehrter Reiz zur Callusproliferation entsteht. Nur bei 4 Fällen wurde eine durchgehende Callusbrücke zuerst auf der plattennahen und dann auf der plattenfernen Seite beobachtet.

Unter diesem Aspekt erscheint es sinnvoll der knöchernen Auffüllung der Distractionfläche auf der plattennahen Seite besondere Aufmerksamkeit zu schenken, da hiermit ein weiterer wesentlicher Schritt auf dem Weg zur Normalisierung der Diaphyse im Distractionsbereich getan ist.

Tabelle 21 zeigt die zahlenmäßige Aufstellung des Kri-

teriums " durchgehende Callusbrücke plattennah " in verschiedenen Zeitabständen.

Tabelle 21

platten- nah	Monate nach der Adaptationsosteosynthese						insges.
	bis unt.6	6 bis unt.12	12 bis unt.18	18 bis unt.24	24 bis unt.36	36 u. darüb.	
ja	24	29	16	7	13	7	96
nein	0	2	1	0	0	1	4
insges.	24	31	17	7	13	8	100
<u>DURCHGEHENDE KNOCHENBRÜCKE PLATTENNAH NACH ADAPTATIONS- OSTEOSYNTHESE</u> Bei 4 Fällen bestand zum Zeitpunkt der letzten Beurteilung noch ein plattennaher Knochendefekt.							

Zu beachten ist, daß bereits früher als 12 Monate nach der Adaptationsosteosynthese über die Hälfte der Fälle plattennah eine durchgehende Callusbrücke zeigen. In diesen 55 Fällen sind allerdings auch 2 jener 4 Fälle enthalten, bei denen zunächst die Callusbildung platten- nah, dann plattenfern durchgehend ist. In der Regel wird jedoch eine durchgehende Callusbrücke auf der platten- nahen Seite erst dann beobachtet, wenn die Osteosynthese- platte entfernt ist.

Es ist möglich, daß bei der knöchernen Auffüllung der Distraktionsstrecke auch dadurch Ossifikationslücken ent-

stehen, daß die Knochenneubildung säulenartig erfolgt. In diesen Fällen kann zwar plattennah und plattenfern eine durchgehende Knochenbrücke bestehen obwohl die knöcherne Auffüllung der Distraktionsfläche noch nicht vollständig ist.

Der flächenhafte Durchbau der Verlängerungsstrecke ist also ein weiteres wichtiges Kriterium in Richtung Normalisierung der Diaphyse. Aus diesem Grunde wurde eine planimetrische Ausmessung des knöchernen Regenerates anhand der regelmäßig durchgeführten Röntgenkontrollen nach der Adaptationsosteosynthese vorgenommen (siehe Abb. 2, S. 18). Anhand dieser Planimetrie kann der früheste Zeitpunkt einer prozentualen knöchernen Auffüllung der Distraktionsfläche nach Adaptationsosteosynthese ermittelt werden. Eine mehr als hundertprozentige Auffüllung der Distraktionsfläche wird unter Umständen durch appositionelle oder überschießende Knochenbildung hervorgerufen.

Bemerkenswert ist, daß in dem Beobachtungszeitraum bis unter 12 Monaten nach Adaptationsosteosynthese bereits bei 54% der Fälle die Distraktionsfläche mindestens zur Hälfte mit einem strukturierten Knochenregenerat aufgefüllt ist.

In den zwei folgenden Tabellen ist der früheste Zeitpunkt der völligen knöchernen Auffüllung der Distraktions-

fläche in Abhängigkeit von Grundkrankheit, Lebensalter und Verlängerungsbetrag in den einzelnen Zeitabständen aufgeführt. 3 der 100 untersuchten Fälle (in den Tabellen in Klammern gesetzt) weisen bei ihrer letzten Untersuchung noch kleine Randdefekte der Ossifikation im Verlängerungsbereich auf, sodaß das Kollektiv bezüglich des beschriebenen Beurteilungskriteriums jetzt aus 97 Fällen besteht.

Bei der Auswertung der Tabellen ist auffallend, daß bereits bis unter 12 Monaten nach Adaptationsosteosynthese fast die Hälfte der Fälle, nach bis unter 18 Monaten gut zwei Drittel und nach bis unter 24 Monaten rund dreiviertel der Fälle eine durchgehende knöcherne Auffüllung des Distraktionsbereiches aufweisen. Bei den übrigen 22 Fällen, die bis zu 24 Monate oder mehr für die völlige knöcherne Konsolidierung der Distraktionsfläche benötigt haben, kann man wohl von einer verzögerten Knochenregeneration sprechen.

Bei einer Gegenüberstellung der gänzlichen knöchernen Konsolidierung mit den verschiedenen Grundkrankheiten (Tabelle 22) zeigen congenitale und traumatische Verkürzungen ein hohes Maß an schneller Heilung (16 von 17, beziehungsweise 12 von 13 Fällen bis unter 18 Monate nach Adaptationsosteosynthese). Die Beinverkürzungen bei Poliomyelitis zeigen bis zur Kontrolle unter 18 Monaten

mit 13 von 31 Fällen auch noch eine gute Knochenregeneration, während bei den sonstigen Beinverkürzungen eine starke Verzögerung der Konsolidierung zu beobachten ist.

Tabelle 22

Grund- krankh.	Monate nach der Adaptationsosteosynthese						insges.
	bis unt.6	6 bis unt.12	12 bis unt.18	18 bis unt.24	24 bis unt.36	36 u. darüb.	
cong. Verkürz.	4	7(1)	5	0	1	0	17(1)
Polio- myelitis	9	8	6	1	5	2	31
traum. Verkürz.	1	5	6(1)	0	0	1	13(1)
sonst. Verkürz.	3	7	6	7	7(1)	6	36(1)
insges.	17	27(1)	23(1)	8	13(1)	9	97(3)
<u>VOLLSTÄNDIGE KNÖCHERNE AUFFÜLLUNG DER DISTRAKTIONSSTRECKE</u> <u>IN ABHÄNGIGKEIT VON DER GRUNDKRANKHEIT</u> Congenitale und traumatische Beinverkürzungen zeigen eine schnellere Konsolidierung als die Fälle mit Polio und sonstigen Verkürzungen.							

Man könnte also die Krankheitsbilder nach der Geschwindigkeit der knöchernen Auffüllung der Distraktionsstrecke etwa so klassifizieren: Congenitale und traumatische Beinverkürzungen, Poliomyelitis, sonstige Beinverkürzungen. Notiert man den Zeitpunkt der vollständigen knöchernen Auffüllung der Distraktionsfläche in Abhängigkeit vom Lebensalter (Tabelle 23), so zeigt die Altersgruppe bis

unter 15 Jahre mit 30 von 36 Fällen nach einem Beobach-
tungszeitraum von weniger als 18 Monaten nach der Adap-
tationsosteosynthese das weitaus beste Ergebnis (über
80%).

Tabelle 23

Alter in J.	Monate nach der Adaptationsosteosynthese						insges.
	bis unt.6	6 bis unt.12	12 bis unt.18	18 bis unt.24	24 bis unt.36	36 u. darüb.	
bis unt.15	10	9(1)	11	3	2	1	36(1)
15 bis unt.20	2	12	8	2	8	1	33
20 bis unt.30	5	6	4(1)	3	2(1)	7	27(2)
30 u. darüb.	0	0	0	0	1	0	1
insges.	17	27(1)	23(1)	8	13(1)	9	97(3)
<u>VOLLSTÄNDIGE KNÖCHERNE AUFFÜLLUNG DER DISTRAKTIONSSTRECKE IN DEN ALTERSGRUPPEN</u> Mit steigendem Lebensalter nimmt auch die Zeitspanne bis zur vollständigen Auffüllung der Verlängerungsstrecke zu. (Zahlen in Klammern = letzte Beobachtung, die Verlängerungs- strecke ist noch nicht völlig aufgefüllt.)							

Wenngleich deutlich weniger so ist die Knochenregene-
ration bei den 15 bis unter 20 jährigen Patienten mit
zwei Drittel der Fälle im selben Beobachtungszeitraum
immer noch gut. Faßt man diese beiden Altersgruppen zu-

der Fälle mit einem Verlängerungsbetrag von 0 bis unter 50 mm jenseits der Kontrolluntersuchung unter 18 Monaten zu finden ist. Die meisten Verlängerungen, die 18 Monate und mehr bis zur völligen knöchernen Auffüllung benötigt haben, liegen bei den Verlängerungsbeträgen zwischen 50 und unter 100 mm (22 Fälle). Bemerkenswerter Weise benötigte nur eine Verlängerung von 100 mm und mehr über 18 Monate bis zum völligen knöchernen Durchbau. Die häufig erwartete " Rechtsverschiebung der Konsolidierung " mit zunehmender Distraktionsstrecke kann also anhand der hier untersuchten Fälle nicht beobachtet werden.

Die wichtigste Veränderung des Knochens bis zum Ende der Distraktion schien uns die Atrophie zu sein. Aus diesem Grunde wurde das Ausmaß der Atrophie nach Erreichen des Verlängerungsbetrages in die Beurteilung der knöchernen Konsolidierung der Distraktionsstrecke mit einbezogen.

Die statistische Auswertung ergibt hierbei eine etwas frühere vollständige knöcherne Auffüllung der Verlängerungsstrecke bei den stark atrophischen Knochen. Diese Aussage ist so zu deuten, daß nur diejenigen Patienten in der Regel eine starke Atrophie zeigen, die relativ große Verlängerungsbeträge erreicht hatten. Hierfür war wiederum eine relativ lange Zeit erforderlich in der sich schon guter Callus in der Distraktionsstrecke bilden konnte.

Eine Abhängigkeit der vollständigen knöchernen Auffüllung von der Spananlagerung konnte in dem untersuchten Patientengut nicht eindeutig festgestellt werden. Dazu muß jedoch gesagt werden, daß die Frage einer Spananlagerung bei der Adaptationsosteosynthese vom Ausmaß des bereits gebildeten Knochenregenerates abhängig gemacht wurde.

Den wichtigsten Abschnitt der Behandlung stellt die volle Belastbarkeit des verlängerten Beines nach erfolgter Metallentfernung dar. Für Arzt und Patienten ist dies der Zeitpunkt auf den die gesamte Behandlung hinzielte. Während der Zeit nach der Metallentfernung bis zum Zeitpunkt der vollen Belastbarkeit muß in der Regel noch vorübergehend ein Unterarmstützstock benützt werden, von dem der Patient jetzt völlig befreit ist.

In den folgenden 3 Tabellen sind wiederum Grunderkrankung, Lebensalter und Verlängerungsbetrag mit dem Zeitpunkt der vollen Belastbarkeit- von der Adaptationsosteosynthese ab gerechnet- in Verbindung gestellt worden. Für diesen Zeitpunkt mußte die Metallentfernung erfolgt sein. Bei 15 der 100 Fälle konnte im Beobachtungszeitraum keine volle Belastbarkeit des Knochens festgestellt werden, da sich die Patienten nicht mehr zu den vorgesehenen Röntgenkontrollen eingefunden hatten und damit der Beobachtungszeitraum zu kurz war. Daher besteht das Kollektiv jetzt aus 85 Fällen.

Die restlichen 15 Fälle sind Fälle ohne volle Belastbarkeit und wurden in den Tabellen zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung in Klammern gesetzt.

Wie aus Tabelle 25 hervorgeht, weisen die Fälle mit Poliomyelitis die besten Ergebnisse auf, während die congenitalen und die traumatischen Beinverkürzungen schon deutlich zurückfallen.

Tabelle 25

Grundkrankh.	Monate nach der Adaptationsosteosynthese						insges.
	bis unt.6	6 bis unt.12	12 bis unt.18	18 bis unt.24	24 bis unt.36	36 u. darüb.	
cong. Verkürz.	0	0(2)	3	3	3	6(1)	15(3)
Polio-myelitis	0	5	8(2)	4	6	6	29(2)
traum. Verkürz.	0	0	3	3	4	3(1)	13(1)
sonst. Verkürz.	0	1	5	4(1)	7(1)	11(7)	28(9)
insges.	0	6(2)	19(2)	14(1)	20(1)	26(9)	85(15)
<u>VOLLE BELASTBARKEIT IN ABHÄNGIGKEIT VON DER GRUNDKRANKHEIT NACH ADAPTATIONOSTEOSYNTHESE</u> Gegenüber den anderen Grundkrankheiten ist bei Polio-Patienten die verlängerte Extremität etwas früher voll belastbar.							

Die größten Probleme bezüglich der vollen Belastbarkeit bestehen bei sonstigen Beinverkürzungen.

Wie bereits bei dem Kriterium der durchgehenden und flächen-

haft vollständigen knöchernen Auffüllung der Verlängerungsstrecke erwähnt, liegt die Altersgruppe bis unter 15 Jahre mit einer schnell eintretenden vollen Belastbarkeit am günstigsten (Tabelle 26). Wenn man den Zeitpunkt

Tabelle 26

Alter in J.	Monate nach der Adaptationsosteosynthese						insges.
	bis unt.6	6 bis unt.12	12 bis unt.18	18 bis unt.24	24 bis unt.36	36 u. darüb.	
bis unt.15	0	3(2)	10(1)	4	6(1)	9(1)	32(5)
15 bis unt.20	0	2	5(1)	5	9	8(3)	29(4)
20 bis unt.30	0	1	4	5(1)	5	8(5)	23(6)
30 u. darüb.	0	0	0	0	0	1	1
insges.	0	6(2)	19(2)	14(1)	20(1)	26(9)	85(15)
<u>VOLLE BELASTBARKEIT NACH ADAPTATIONSOSTEOSYNTHESE IN DEN ALTERSGRUPPEN</u> Die Patienten unter 15 Jahren können das verlängerte Bein früher belasten als die älteren Patienten.							

von 24 bis unter 36 Monaten nach Adaptationsosteosynthese als für eine volle Belastbarkeit nach Metallentfernung erstrebenswert ansieht, so ist dies in unserem Kollektiv bei etwa zwei Drittel der Patienten der Fall. Bei mehr als 36 Monaten bis zur vollen Belastbarkeit muß man jedoch von einer verzögerten Konsolidierung sprechen. Der Schwerpunkt liegt hier wiederum bei den Patienten mit einem Lebensalter

von 20 und mehr Jahren.

Betrachtet man die volle Belastbarkeit in Abhängigkeit vom erreichten Verlängerungsbetrag (Tabelle 27), so zeigt

Tabelle 27

mm	Monate nach der Adaptationsosteosynthese						insges.
	bis unt.6	6 bis unt.12	12 bis unt.18	18 bis unt.24	24 bis unt.36	36 u. darüb.	
30 bis unt.50	0	3(2)	6(1)	4	6	11(3)	30(6)
50 bis unt.70	0	3	10(1)	8(1)	9	9(2)	39(4)
70 bis unt.100	0	0	1	2	2(1)	5(2)	10(3)
100 u. darüb.	0	0	2	0	3	1(2)	6(2)
insges.	0	6(2)	19(2)	14(1)	20(1)	26(9)	85(15)
VOLLE BELASTBARKEIT IN ABHÄNGIGKEIT VOM VERLÄNGERUNGSBETRAG NACH ADAPTATIONSOSTEOSYNTHESE Der Verlängerungsbetrag hat keinen nennenswerten Einfluß auf den Zeitpunkt der vollen Belastbarkeit.							

die Gruppe mit einem Verlängerungsbetrag von 50 bis unter 70 mm das beste Ergebnis. Die Patienten mit einem Distraktionsbetrag von 70 bis unter 100 mm können ihr Bein am spätesten voll belasten. Relativ gut liegen bezüglich dieses Kriteriums die Beinverlängerungen von 30 bis unter 50 mm sowie jene von 100 mm und darüber.

Bezüglich der vollen Belastbarkeit hat die Atrophie am Ende der Distraction keinen Einfluß. Das heißt, daß der

stark atrophische Knochen etwa ebenso früh wie der wenig atrophische voll belastbar ist.

Die Spananlagerung ist für ein frühes Auftreten der vollen Belastbarkeit in unserem Patientenkollektiv nicht entscheidend. Im Gegenteil erscheint bei den Fällen ohne Spananlagerung eine volle Belastbarkeit früher möglich zu sein.

Stellt man sich die Frage, ob eine Rekanalisation der Markhöhle im bisherigen Beobachtungszeitraum zu erwarten ist, so darf man diese Frage in 90% der Fälle bejahen (Tabelle 28).
Tabelle 28

Rekan.	Monate nach der Adaptationsosteosynthese						insges.
	bis unt.6	6 bis unt.12	12 bis unt.18	18 bis unt.24	24 bis unt.36	36 u. darüb.	
ja	4	11	17	10	22	26	90
nein	0	0	2	0	0	8	10
insges.	4	11	19	10	22	34	100
REKANALISATION DER MARKHÖHLE							
90 % der Fälle zeigen spätestens bei der letzten Beurteilung eine zumindest beginnende Rekanalisation der Markhöhle.							

Unter den 10 von 100 Fällen bei denen keine Rekanalisation der Markhöhle beobachtet werden kann, sind 2 Patienten mit einer Polio im Alter von 7 und 19 Jahren und einem Verlängerungsbetrag von 60 beziehungsweise 30 mm, die frühzeitig noch vor der Kontrolle nach 18 Monaten aus der Überwachung ausgeschieden sind. Bei 4 weiteren Fällen handelt es sich um 2 Patienten mit gleichzeitiger Ober- und Unterschenkelverlängerung aus dem Jahrgang 1971, die bei der letzten Kontrolle Ende 1976 noch keine durchgehende Rekanalisation der Markhöhle zeigten. Hierbei kann man davon ausgehen, daß bei gleichzeitiger Verlängerung des Ober- und

Unterschenkels der Prozeß der knöchernen Normalisierung durch die Beteiligung zweier Röhrenknochen desselben Beines etwas langsamer vor sich geht.

In Abhängigkeit von der Grundkrankheit ist die Rekanalisation der Markhöhle ebenso wie die völlige knöcherne Auffüllung bei den congenitalen und traumatischen Beinverkürzungen sowie bei den Poliomyelitisfällen deutlich früher zu beobachten als bei den sonstigen Beinverkürzungen, die ja zahlenmäßig einen relativ großen Anteil am Gesamtkollektiv darstellen.

Auch bei der Altersaufteilung tritt die Rekanalisation der Markhöhle bei den Fällen unter 20 Jahren deutlich früher auf als bei den älteren Patienten.

Bei Berücksichtigung der Verlängerungsbeträge liegen nach der Gruppe von 50 bis unter 70 mm die Patienten mit einer Verlängerung von 30 bis unter 50 mm am günstigsten. Im ganzen hat jedoch der erreichte Verlängerungsbetrag keinen wesentlichen Einfluß auf den Zeitpunkt der Wiederherstellung der Markhöhle, sodaß auch statistisch keine Signifikanz zu sehen ist.

Ein Zusammenhang mit der Atrophie am Ende der Distraktion besteht in sofern, als die Fälle mit einer mittleren und starken Atrophie häufiger und auch etwas früher eine Rekanalisation der Markhöhle aufwiesen als jene Fälle ohne oder mit nur geringer Atrophie am Ende der Distraktion.

Die Spananlagerung bei der Adaptationsosteosynthese hat auf die Rekanalisation der Markhöhle keinen Einfluß. Die Fälle bei denen keine Spananlagerung vorgenommen wurde,

folgendem Verteilungsschema: 100% der Fälle wiesen eine Normalisierung der Diaphyse auf.

In einer Verteilungstabelle, die im Beobachtungszeitraum 1960/61 erstellte Normalisierung der Diaphyse zu beobachten, wurde die Tabelle zu erstellt. Die zweite Verteilungstabelle der Tabelle wird den letzten Beobachtungszeitraum für die Beobachtungszeitraum 60/61, bei denen keine Normalisierung der Diaphyse beobachtet wurde.

Diaphr. Normal	Monate nach der Adaptationsosteosynthese						Gesamt
	bis unt. 6	6 bis unt. 12	12 bis unt. 18	18 bis unt. 24	24 bis unt. 30	30 u. darüber	
Ja	0	0	2	0	0	10	12
Nein	0	2	0	0	10	20	32
Insges.	0	2	10	11	23	54	100

NORMALISIERUNG DER DIAPHYSE NACH ADAPTATIONSOSTEOSYNTHESE
Nur 12% der Fälle wiesen während des Beobachtungszeitraumes eine Normalisierung der Diaphyse auf, davon aber die Hälfte erst drei Jahre nach Adaptationsosteosynthese.

Es werden hier, wie aus der Tabelle zu ersehen ist, eine nur ein Drittel der verteilten Beobachtungen die zur Normalisierung verteilten werden. Bei einem Großteil der Fälle, die im Beobachtungszeitraum die zur Normalisierung Normalisierung beobachtet werden, darf man annehmen, dass dieses Kriterium nicht beobachtet wurde oder nicht beobachtet werden wird.

Wie aus Tabelle 30 zu ersehen ist, besteht ein gewisser Zusammenhang zwischen der Grundkrankheit und dem Kri-

Tabelle 30

Diaphyse normal	Grunderkrankungen cong. Verkürz.	Polio- myelitis	traum. Verkürz.	sonst. Verkürz.	insges.
ja	9	11	2	11	33
nein	9	20	12	26	67
insges.	18	31	14	37	100

$\chi^2 = 4,836$ drei Freiheitsgrade, α nicht signifikant

NORMALISIERUNG DER DIAPHYSE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER GRUND-
ERKRANKUNG

Congenitale Beinverkürzungen zeigen die besten Ergebnisse.

terium "Normalisierung der Diaphyse". Die congenitalen Beinverkürzungen zeigen hier die besten Ergebnisse, jedoch ist eine statistisch gesicherte Aussage nicht möglich. Dabei muß auch berücksichtigt werden, daß es sich bei den congenitalen Beinverkürzungen meistens um jugendliche Patienten im Alter von ca. 15 Jahren handelt. Diese zeigen wiederum, wie aus Tabelle 31 deutlich hervor-

Tabelle 31

Diaphyse normal	Alter in Jahren bis unt.15	15 bis unt.20	20 u. darüb.	insges.
ja	17	12	4	33
nein	20	21	26	67
insges.	37	33	30	100

$\chi^2 = 8,222$ zwei Freiheitsgrade, α kleiner als 5%

NORMALISIERUNG DER DIAPHYSE IN DEN ALTERSGRUPPEN

Mit steigendem Alter tritt die Normalisierung der Diaphyse seltener ein.

geht, die beste Normalisierungstendenz nach der operativen Beinverlängerung. Hier besteht eine deutliche statistische Signifikanz.

In Bezug auf den erreichten Verlängerungsbetrag (Tabelle 32) zeigt die Gruppe von 50 bis unter 70 mm die höchste Normalisierungsquote. Aus dieser Verlängerungsgruppe sind fast die Hälfte der Fälle (17% des Gesamtkollektivs) im Beobachtungszeitraum bis zu einer Normalisierung des Verlängerungsbereiches abgeheilt. Das heißt, daß hier ein normaler Röhrenknochen mit homogener Corticalis und Markhöhlenstruktur

Tabelle 32

Diaphyse normal	Verlängerungsbetrag in mm		
	bis unt.70	70 u. darüb.	insges.
ja	30	3	33
nein	49	18	67
insges.	79	21	100

$\chi^2 = 4,809$ ein Freiheitsgrad, α kleiner als 5%

NORMALISIERUNG DER DIAPHYSE IN ABHÄNGIGKEIT
VOM VERLÄNGERUNGSBETRAG
 Die Gruppe mit einem Verlängerungsbetrag bis
 unter 70 mm zeigt eine bessere Normalisierung.

vorgelegen hat. Die zweitbeste Stellung in dieser Aufstellung nimmt die Gruppe mit einem Verlängerungsbetrag von 30 bis unter 50 mm ein. In diesem Fall zeigen mehr als ein Drittel eine Normalisierung der Diaphyse. Bei beiden Gruppen kann die Mehrzahl der Fälle mit diesem Kriterium erst nach 36 Monaten oder später beobachtet

werden.

Faßt man die Patienten mit Verlängerungsbeträgen von unter 70 mm und diejenigen von 70 mm und mehr in 2 Gruppen zusammen, so läßt sich statistisch sichern, daß die Normalisierung der Diaphyse unterhalb eines Verlängerungsbetrages von 70 mm häufiger zu beobachten ist als bei den größeren Distraktionsstrecken ($\hat{\chi}^2 = 4,809$, 1 Freiheitsgrad, α kleiner als 5%).

Die Normalisierung der Diaphyse ist von der Atrophie am Ende der Distraction nicht abhängig.

Die Spongiosaanlagerung bei der Adaptationsosteosynthese läßt keine frühere Normalisierung auftreten. Bei dem Kollektiv ohne Spongiosaplastik ist sogar eine etwas höhere Normalisierungsquote der Diaphyse zu beobachten.

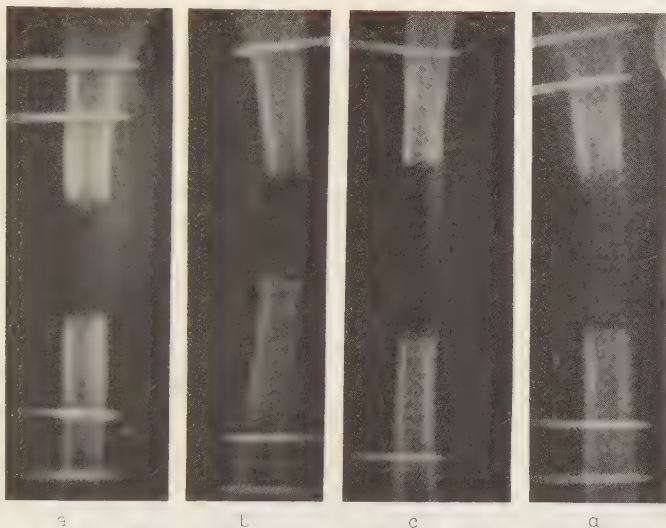
Bei den insgesamt 100 operativen Beinverlängerungen, die der Nachuntersuchung unterzogen wurden, traten bei 25 Fällen Komplikationen unterschiedlichen Schweregrades auf. In sechs Fällen kam es zu einer Fraktur nach Z-förmiger Osteotomie und in ebenfalls sechs Fällen zu einer Fraktur der Platte nach Querosteotomie. In vier Fällen trat eine Verbiegung der Platte auf, und bei neun Patienten kam es zu einer Fraktur des Knochens nach der Metallentfernung. In zwanzig Fällen wurde eine Reosteosynthese durchgeführt, bei fünf Patienten genügte eine vorübergehende Gipsruhigstellung. In sieben Fällen wurde eine Plat-

tenauswechslung aus biomechanischen Gründen vorgenommen.

Eine zweite Komplikation trat bei vier dieser 25 Patienten auf.

In zwei Fällen kam es zu einer erneuten Fraktur der Platte nach Reosteosynthese, zwei weitere Patienten brachen sich das Bein im Verlängerungsbereich nach Entfernung der Reosteosyntheseplatte. Drei dieser Fälle wurden operativ, einer konservativ weiterbehandelt.

Abbildung 4



Unterschiedliche Grade der
Callusbildung:

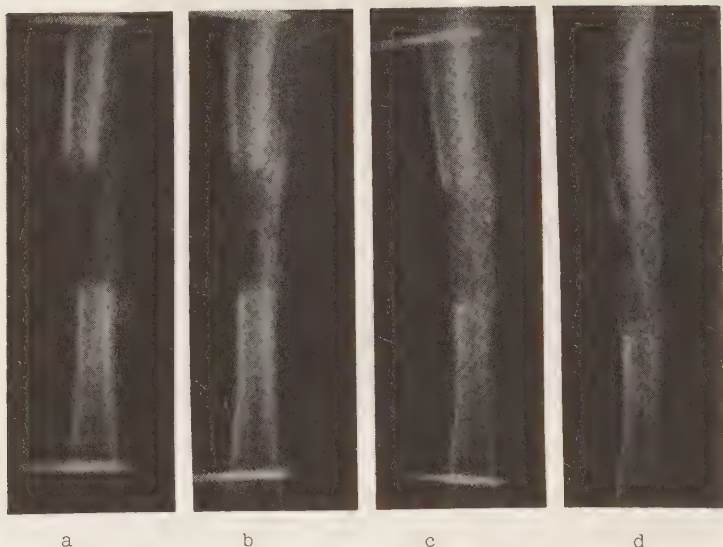
Abb. 4a: Minimale Callusbildung im Distraktionsbereich nach 70 mm Oberschenkelverlängerung innerhalb von 8 Wochen bei einer 36 jährigen Patientin nach traumatischer Beinverkürzung (supracondyläre Epiphysenfugenfraktur).

Abb. 4b: Leichte, aber bereits durchgehende Callusproliferation typischerweise auf der dem Distractionssystem abgewandten Seite bei 13 jährigem Patienten mit einem Verlängerungsbetrag von 60 mm, 9 Wochen nach der Verlängerungsosteotomie wegen traumatischer Beinverkürzung (supracondyläre Epiphysenfugenfraktur).

Abb. 4c: Geringe, aber durchgehende Callusproliferation in der Distraktionsstrecke bei 23 jährigem Patienten nach einer Oberschenkelverlängerung von 107 mm, 16 Wochen nach Verlängerungsosteotomie wegen traumatischer Beinverkürzung (supracondyläre Epiphysenfugenfraktur).

Abb. 4d: Gute durchgehende Callusproliferation bei 26 jährigem Patienten mit einem Verlängerungsbetrag von 90 mm, 20 Wochen nach Verlängerungsbeginn wegen Beinverkürzung nach Osteomyelitis am rechten Femurcondylus.

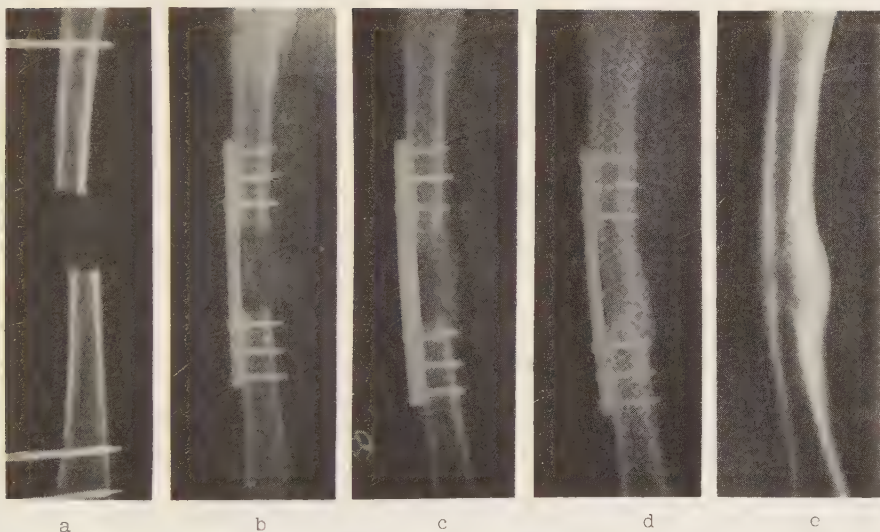
Abbildung 5



Knöchernerne Konsolidierung ohne
Adaptationsosteosynthese:

Verlängerung des rechten Oberschenkels von 60 mm innerhalb 8 Wochen (Abb. 5a) bei 13 jährigem Patienten wegen traumatischer Beinverkürzung (supracondyläre Epiphysenfugenfraktur). Bei dem Patienten konnte wegen ausgesprochen guter Callusproliferation auf eine interne Fixation durch Osteosynthese sowie auf eine Spongiosaanlagerung verzichtet werden. Unter Beibehaltung des erreichten Verlängerungsbetrages zeigt sich in der darauffolgenden Zeit eine gute Konsolidierung der Verlängerungsstrecke: 11 Wochen (Abb. 5b), 15 Wochen (Abb. 5c) und 20 Wochen (Abb. 5d) nach der Verlängerungsosteotomie. Wiederum typisch ist die vermehrte Callusproliferation auf der dem Distractionssystem abgewandten Seite.

Abbildung 6



Knöcherne Konsolidierung mit Adaptationsosteosynthese:

Die Abbildungen zeigen den Heilverlauf bei einer 14 Jahre alten Patientin mit normaler Callusproliferation in der Distraktionsstrecke nach Oberschenkelverlängerung rechts von 50 mm wegen congenitaler Hüftluxation.

Abb. 6a zeigt den Zustand nach Erreichen des gewünschten Verlängerungsbetrages von 50 mm, 10 Wochen nach Verlängerungsosteotomie.

Abb. 6b: Adaptationsosteosynthese. Wegen der guten Callusproliferation ist eine Spananlagerung nicht erforderlich.

Abb. 6c zeigt den Zustand 6 Wochen nach der Adaptationsosteosynthese mit einer weiteren Strukturverdichtung im Distraktionsbereich.

Abb. 6d stellt den Zustand 4 1/2 Monate nach der Adaptationsosteosynthese dar. Die Rekonstruktion der Corticalis auf der plattenfernen Seite ist deutlich zu sehen. Typisch ist wiederum der leichte platten nahe Ossifikationsdefekt in der Distraktionsstrecke.

Abb. 6e: Bereits 23 Monate nach der Adaptationsosteosynthese und 18 Monate nach der Metallentfernung weist der Femurschaft eine nahezu vollständige Normalisierung der Diaphyse mit einer durchgehenden Corticalis und Markhöhle auf.

4. Diskussion

Seit vielen Jahren wird eine operative Korrektur der Beinlängendifferenz angestrebt um möglichst normale anatomische Verhältnisse wieder herzustellen, die durch eine orthopädische Hilfsmittelversorgung nicht oder nur unbefriedigend erreicht werden können (WAGNER 1971) (11).

Von manchen Autoren (MERLE D'AUBIGNÉ und DUBOUSSET, 1971) (6) wird die Korrektur einer Beinlängendifferenz durch Verkürzung des gesunden Beines mit gleichzeitiger und einzeitiger Verlängerung des kranken Beines empfohlen, wenn die Verkürzung mehr als 8 cm beträgt und vorwiegend im Oberschenkel liegt.

Dem gegenüber wird von anderen Autoren (ANDERSON, 1952, WAGNER, 1971 und 1972) (2,11,12) die Meinung vertreten, daß einer langsamen, kontinuierlichen Beinverlängerung des verkürzten Beines der Vorzug zu geben ist, da hierdurch eine Wiederherstellung der physiologischen Körperproportionen und anatomischen Verhältnisse möglich ist. Ein weiterer Vorteil dieses Vorgehens liegt darin, daß eine operative Behandlung an dem gesunden Bein vermieden werden kann und nur das geschädigte bzw. verkürzte Bein in die operative Behandlung einbezogen werden muß. Ferner muß man berücksichtigen, daß abgesehen von der Korrektur

der Beinlängendifferenz in der Regel durch die Grunderkrankung bedingte andere Fehlstellungen im Bereich des erkrankten Beines einer operativen Behandlung bedürfen.

Wie PESCH und WAGNER 1974 (7) anhand von 17 Gewebeproben, die anlässlich der Adaptationsosteosynthese nach operativer Beinverlängerung gewonnen wurden, nachweisen konnten, fanden sich histologisch ca. acht Wochen nach der Verlängerungsosteotomie erste Ossifikationsstellen im osteotomienahen Bereich. Hier wurden längsverlaufende Knochenbälkchen aus Faserknochen mit umgebendem kollagenem Fasergewebe gefunden. Mit weiterem Fortschreiten der Knochenneubildung wurde eine Zunahme des spongiösen Netzwerkes histologisch nachgewiesen. " Die Bälkchen aus Faserknochen umgeben ein gefäßreiches, locker strukturiertes primäres Mark. " Diese Ergebnisse konnten auch durch Tierexperimente und histomorphologische Untersuchungen an Katzen durch STRAUSS und PESCH 1976 (10) bestätigt werden. Vom 15. Tag an nach der Verlängerungsosteotomie wurden ähnliche Stadien der desmalen Ossifikation wie beim humanen Material gefunden.

Bei tierexperimentellen Gliedmaßenverlängerungen an 19 Schafen sowie anhand von Beinverlängerungen beim Menschen, wobei von vier Patienten acht biopsische Proben entnommen wurden, haben PFLUGER et al 1976 (8) histologisch bei den Tierversuchen schon vor der siebten

Woche nach der Osteoklasie einen Umbau des lamellären Knochens in Haver'sche Systeme feststellen können. Ungeachtet der Tatsache, daß die Umbaurate beim Schaf wesentlich langsamer ist als beim Menschen, konnte bei dem histomorphologisch untersuchten humanen Material im Gegensatz zu anderen Autoren (PESCH und WAGNER, 1974) (7) erst nach einem Zeitraum von 95 Tagen, also etwa 3 Monaten, ein Regenerat von der Struktur des Faserknochens nachgewiesen werden.

In dieser Studie konnte jedoch gesichert werden, daß der Röntgenbefund dem histomorphologischen Bild des knöchernen Regenerates nachhinkt.

Im Rahmen der operativen Beinverlängerung spielt die knöcherne Regeneration des Distraktionsbereiches eine wichtige Rolle. Eine diesbezügliche Untersuchung über ausreichend lange Beobachtungszeit und über ein größeres Patientengut, das unter gleichen Bedingungen von demselben Operateur einer operativen Beinverlängerung unterzogen wurde, liegt noch nicht vor.

In den Jahren 1966 bis 1971 wurden in der Orthopädischen Klinik des Wichernhauses Altdorf 100 operative Beinverlängerungen nach der von WAGNER angegebenen Methode durchgeführt. Vor der Verlängerung und am Ende der Distraktion sowie in regelmäßigen Zeitabständen während der Konsolidierung der Verlängerungsstrecke wurden Röntgenaufnahmen des zu verlängernden, beziehungsweise des

verlängerten Beinteiles durchgeführt. Diese Röntgenbilder dienten als Ausgangsmaterial für die vorliegende Untersuchung.

Die Röntgenaufnahmen wurden in möglichst einheitlichen Zeitabständen von der Adaptationsosteosynthese am Ende der Distraction an gerechnet, beurteilt.

Die dabei gewonnenen Daten wurden auf Erhebungsbögen erfaßt und einer statistischen Auswertung unterzogen. Die Ergebnisse wurden in Kreuztabellen dargestellt.

Anhand des röntgenologischen Ausgangsbefundes des zu verlängernden Knochens und der am Ende der Distraction durchgeführten Röntgenaufnahme vor der Adaptationsosteosynthese wurde die Zustandsänderung des Knochens während der Distraction erfaßt. Hierbei wurde insbesondere auf die Beurteilung des trophischen Zustandes sowie auf eventuelle Veränderungen des Knochens in der nächsten Umgebung der Schanz'schen Schrauben Wert gelegt.

Am Ende der Distraction zeigt nur etwa ein Viertel der Fälle den selben Atrophiegrad des Knochens wie bei Verlängerungsbeginn. Bei ungefähr der Hälfte der Fälle ist eine mäßige, bei einem Viertel der Fälle eine deutliche Atrophiezunahme festzustellen. Interessanterweise ist die Zunahme der Atrophie während der Distraction um so wahrscheinlicher, je geringer die Atrophie bei Beginn der

Verlängerung ist. Ferner ist die Atrophiezunahme mit grösser werdender Verlängerungsstrecke stärker.

Analog hierzu verhält sich die Osteolyse im Bereich der Schanz'schen Schrauben: Mit zunehmender Atrophie und zunehmendem Verlängerungsbetrag tritt eine Osteolyse im Bereich der Schanz'schen Schrauben häufiger auf.

Die Konsolidierung der Verlängerungsstrecke nach der Adaptationsosteosynthese wurde anhand der durchgehenden Callusbrücke am Ende der Distraction, der völligen knöchernen Auffüllung der Distraktionsfläche sowie der vollen Belastbarkeit nach der Metallentfernung bewertet. Im Rahmen der weiteren Wiederherstellung eines normalen Röhrenknochens wurden die Kriterien des frühesten Zeitpunktes für eine Rekanalisation der Markhöhle sowie eine Normalisierung der Diaphyse mit vollständiger Rekonstruktion der Corticalis und Markhöhle ohne wesentliche Knochennarben herangezogen. Der früheste Zeitpunkt zu dem diese Beurteilungskriterien erfüllt waren, wurde mit der Grundkrankheit, dem Lebensalter und dem Verlängerungsbetrag in Korrelation gesetzt. Ferner wurde nach einer eventuellen Abhängigkeit von der Atrophie des Knochens am Ende der Distraction sowie einer bei der Adaptationsosteosynthese gegebenenfalls vorgenommenen Spananlagerung geforscht.

Unter den Grundkrankheiten zeigen die congenitalen Beinverkürzungen zusammen mit den traumatischen bei

der durchgehenden Callusbrücke am Ende der Distraction die besten Ergebnisse. Ebenso ist die völlige knöcherne Auffüllung bei diesen Krankheiten am frühesten zu beobachten. Bezüglich der vollen Belastbarkeit und der Rekanalisation der Markhöhle zeigen jedoch die Patienten mit einer Poliomyelitis bessere Resultate als das übrige Patientengut. Eine Normalisierung der Diaphyse kann insgesamt nur bei einem Drittel der Fälle beobachtet werden. Hierbei schneiden die congenitalen Beinverkürzungen am besten ab, was jedoch mit großer Wahrscheinlichkeit nicht auf die Grunderkrankungen sondern vielmehr auf das Lebensalter dieses Patientenkollektivs zurückzuführen ist. Die in der Gruppe der sonstigen Beinverkürzungen zusammengefaßten Erkrankungen zeigen gegenüber den anderen Grunderkrankheiten das schlechteste Heilungsergebnis nach der operativen Beinverlängerung.

Bei Beurteilung der verschiedenen Konsolidierungskriterien in Bezug auf das Lebensalter können eindeutige Aussagen gemacht werden. In allen Kriterien zeigen die Patienten unterhalb des 15. Lebensjahres gegenüber den restlichen Patienten eine deutlich bessere Heilung mit einer frühzeitigen durchgehenden Callusbildung und vollen Belastbarkeit nach Metallentfernung. Die Normalisierung der Diaphyse ist mit steigendem Alter signifikant später zu beobachten (α kleiner als 5%). Die ungünstigsten Ergebnisse zeigt die Altersgruppe von über 30 Jahren.

Wenn man die Verlängerungsbeträge mit den verschiedenen Konsolidierungskriterien in Bezug setzt, ist die Gruppe der Verlängerungsbeträge von 50 bis unter 70 mm diejenige, die die beste knöcherne Heilung aufweist. Sie wird von den Gruppen 30 bis unter 50 mm und von 100 und mehr Millimetern gefolgt. Am schlechtesten schneidet die Gruppe mit einem Verlängerungsbetrag von 70 bis unter 100 mm ab. Signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Verlängerungsbeträgen können jedoch im Rahmen dieser Untersuchung nicht festgestellt werden.

Die Atrophie am Ende der Distraction erweist sich als für die knöcherne Konsolidierung nicht von wesentlicher Bedeutung. Die Fälle mit einer mittleren oder starken Atrophie am Ende der Distraction lassen zwar häufiger eine durchgehende Callusbrücke erkennen, jedoch handelt es sich hierbei ausnahmslos um große Verlängerungsbeträge mit einem entsprechend großen Zeitraum der Distraction. Dadurch ist eine Mineralisation des Knochenregenerates im Distractionsbereich möglich, ein Zustand der auch bei anderen Fällen nach entsprechend langer Zeit zu beobachten ist.

Die Entscheidung ob eine Spananlagerung bei der Adaptationsosteosynthese durchgeführt wird, entscheidet sich nach dem röntgenologischen Befund am Ende der Distraction sowie nach dem klinischen Aspekt des intraoperativen Befundes. In unserem Patientengut wurde bei zwanzig

Fällen auf eine Spananlagerung verzichtet, da eine ausreichende Callusbildung in der Distraktionsstrecke vorhanden war. Dies waren ausnahmslos Patienten mit einem Lebensalter von unter 20 Jahren. Somit ist es nicht verwunderlich, daß das Kollektiv ohne Spananlagerung bei der Adaptationsosteosynthese in der knöchernen Heilung bessere Ergebnisse zeigt als die restlichen Fälle.

5. Zusammenfassung

Unter Berücksichtigung aller erhobenen und ausgewerteten Daten bei der knöchernen Konsolidierung nach operativer Beinverlängerung, kann eine eindeutige Aussage über eine Abhängigkeit vom Lebensalter dahingehend gemacht werden, daß Patienten unterhalb des 20. Lebensjahres eine bessere Knochenheilung zeigen als die älteren Patienten. Der durchschnittliche Zeitraum für eine volle Belastbarkeit bei erfolgter Metallentfernung beträgt in der Gruppe der unter 15 jährigen Patienten etwa 27 Monate und bei den Patienten zwischen 15 und unter 20 Jahren ca. 33 Monate nach der Adaptationsosteosynthese.

Unter den Grundkrankheiten hat die congenitale Beinverkürzung anscheinend eine bessere Heilungstendenz, was jedoch letzten Endes auch wieder auf das jugendliche Alter der Patienten zurückzuführen ist. Eine eindeutige Abhängigkeit der knöchernen Heilung von der Grunderkrankung besteht jedoch nicht.

Der Verlängerungsbetrag der durch die Distraction erreicht wird, hat ebenso keinen wesentlichen Einfluß auf die knöcherne Heilung. Die Verlängerungsbeträge von 50 bis unter 70 mm zeigen zwar zahlenmäßig die beste Heilungstendenz, jedoch sind diese Resultate nicht signifikant.

Die Atrophie am Ende der Distraction beeinflusst die knöcherne Heilung nach der operativen Beinverlängerung nicht.

Eine Spongiosaanlagerung in die Verlängerungsstrecke muß nach dem Befund am Ende der Distraction sowie dem klinischen Eindruck bei der Operation entschieden werden.

Literaturverzeichnis

1. ABOTT, L.C.; The Operative Lengthening
 of the Tibia and the Fibula,
J. Bone Jt Surg. 9, 128 (1927)
2. ANDERSON, W.V.; Leg Lengthening
 J. Bone Jt Surg. 34-B, 150 (1952)
3. JANI, L. Die Verlängerungsosteotomie am
 DOLANE, B. Ober- und Unterschenkel mit dem
 MORSCHER, E.; Distraktionsapparat nach Wagner.
 Arch.-orthop.Unfallchir. 82, 39 (1975)
4. MERLE D'AUBIGNÉ, R. A propos du traitement des inégalités
 VAILLANT, J.-M.: de longueur des membres inférieurs.
 Rev. Chir.Orthop. 51, 189 (1965)
5. MERLE D'AUBIGNÉ, R. Correction des grandes inégalités
 DUBOUSSET, J.; des membres inférieur. Avec ou sans
 correction simultanée des déviations
 latérales.
 Rev. Chir. Orthop. 54, 593 (1968)
6. MERLE D'AUBIGNÉ, R. Surgical Correction of Large Length
 DUBOUSSET, J.; Discrepancies in the Lower Extremities
 of Children and Adults.
 J. Bone Jt Surg. 53-A, 411 (1971)

7. PESCH, H.-J. Histomorphologische Befunde der
WAGNER, H.: Knochenregeneration unter Distraction
bei der diaphysären Verlängerungsosteotomie.
Verh. Dtsch.Ges. Path. 58, 305 (1974)
8. PFLÜGER, G. Knöcherner Auffüllung des
RAHN, B. A. Distractionsspaltes bei Bein-
FISCHERLEITNER, F. verlängerung.
THOMA, H. Arch. orthop.Unfallchir. 86, 45 (1976)
WOLNER, Ch.
9. RUTT, A.: Zur Verlängerungsosteotomie nach
Wagner.
Arch.orthop. Unfallchir. 77, 359 (1973)
10. STRAUSS, H.J. Tierexperimentelle und histomorpholo-
PESCH, H.-J.: gische Untersuchungen zur Knochenre-
generation bei Gliedmaßenverlängerungen
Verh. Dtsch. Ges.Path.60, 438 (1976)
11. WAGNER, H.: Operative Beinverlängerung
Chirurg. 42, 260 (1971)
12. WAGNER, H.: Technik und Indikation der operativen
Verkürzung und Verlängerung von Ober-
und Unterschenkel.
Orthopäde 1, 59 (1972)
13. WEBER, B. G.: Die Verletzungen des oberen Sprung-
gelenkes.
H. Huber, Bern/Stuttgart/ Wien
2. Auflage 1972

Für die Überlassung des Themas danke ich Herrn
Prof. Dr. med. H. Wagner.

Durch seinen erfahrenen Rat, mit dem er mich jederzeit unterstützt hat, gab er mir wertvolle Hinweise.

Für die freundliche Unterstützung bei den statistischen Erhebungen und den damit verbundenen Rechengängen danke ich Herrn Prof. Dr. med. L. Horbach und Herrn Dr. Gunselmann.

Mein Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. med. D. Hohmann für die freundliche Übernahme des Korreferates.

Lebenslauf

Am 23.9.1942 wurde ich als letztes von vier Kindern des Dermatologen Dr. med. Werner Baumgartner und seiner Ehefrau Annemarie, geb. Weber, in Konstanz geboren.

Von Ostern 1948 bis Ostern 1953 Besuch der Volksschule in Litzelstetten bei Konstanz, meinem Heimatort.

Ab Ostern 1953 bis Ostern 1963 Besuch des humanistischen H.-Suso-Gymnasiums in Konstanz mit Abiturabschluß.

Im W.S. 1963/64 Beginn des Medizinstudiums an der Justus-Liebig- Univ. Gießen, dort Vorphysikum (30.10.64) und Physikum (18.4.67). Danach ein Semester Medizinstudium in Innsbruck. (WS 1967/68)

Ab S.S. 1968 Fortsetzung des Medizinstudiums an der Christian-Albrechts-Univ. Kiel mit Abschluß (Staatsexamen am 31.7.1970).

Von Oktober 1970 bis Dez. 1970 Medizinal-Assistent an der Universitäts-Hautklinik, Kiel.

Am 31.Dez. 1970 Eheschließung mit der Krankengymnastin Maria Bohnstedt, Tochter des Prof. Dr. med. R.M. Bohnstedt und seiner Ehefrau Lieselotte, geb. Böttcher.

Von Januar 1971 bis April 1971 Medizinal-Assistent an der Chirurgischen Universitäts-Klinik, Kiel (Abtlg. für Traumatologie).

Von Juni 1971 bis Oktober 1971 Medizinal-Assistent
an der Med. Univ.-Klinik in Gießen.

Ab 15. November 1971 Bestallung als Arzt.

Von Januar 1972 bis April 1973 Assistenzarzt an der
chirurgischen Abteilung des Kreiskrankenhauses Kirch-
heim/Teck.

Von Mai 1973 an Assistenzarzt an der Orthopädischen
Klinik des Wichernhauses Altdorf zur Facharztausbildung.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen, Hauptstr. 109 (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990